



TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 191845

**PENGARUH VARIASI ADMIXTURE TERHADAP  
WORKABILITY DAN KUAT TEKAN BETON  
GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR FLY ASH  
DENGAN KANDUNGAN KALSIUM TINGGI**

JIHAD FADHLUROHMAN  
NRP 10111610013078

Dosen Pembimbing 1  
Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dosen Pembimbing 2  
Dr. Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.  
NIP. 19780201 200604 2 002

PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN  
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2020



TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 191845

**PENGARUH VARIASI ADMIXTURE TERHADAP  
WORKABILITY DAN KUAT TEKAN BETON  
GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR FLY ASH  
DENGAN KANDUNGAN KALSIUM TINGGI**

JIHAD FADHLUROHMAN  
NRP. 10111610013078

Dosen Pembimbing 1  
Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.  
NIP. 19720115 199802 1 001

Dosen Pembimbing 2  
Dr. Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.  
NIP. 19780201 200604 2 002

**PROGRAM STUDI TEKNIK REKAYASA PENGELOLAAN DAN  
PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2020**



**APPLIED FINAL PROJECT - VC 191845**

**THE EFFECT OF ADMIXTURE VARIATIONS ON  
WORKABILITY AND COMPRESSIVE STRENGTH  
OF HIGH CALCIUM FLY ASH GEOPOLYMER  
CONCRETE**

JIHAD FADHLUROHMAN  
NRP. 10111610013078

1<sup>st</sup> Supervisor  
Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.  
NIP. 19720115 199802 1 001

2<sup>nd</sup> Supervisor  
Dr. Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.  
NIP. 19780201 200604 2 002

**BACHELOR DEGREE PROGRAM  
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT  
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT  
VOCATIONAL FACULTY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA 2020**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PENGARUH VARIASI *ADMIXTURE* TERHADAP WORKABILITY DAN KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR *FLY ASH* DENGAN KANDUNGAN KALSIUM TINGGI

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan Teknik  
Pada

Program Studi Teknik Rekayasa Pengelolaan dan Pemeliharaan  
Bangunan Sipil  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Surabaya, 19 Agustus 2020

Disusun Oleh:



**JIHAD FADHLUROHMAN**

NRP. 10111610013078

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing 1



Dosen Pembimbing

Dr. Eng, Yuyun T, S.T., M.T.  
NIP. 19780201 200602 2 002





## Berita Acara Sidang Proyek Akhir

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS

Semester Genap 2019-2020

Nomor BA :

Nomor Jadwal :

7

Program Studi : D4 Teknik Sipil (TRPPBS)

Diinisi oleh : Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.

Bawa pada hari ini : Senin, 03-Agt-2020

Pukul : 10:00 s/d 12:00

Di tempat : Online Meeting

Telah dilaksanakan sidang Proposal Tugas Akhir dengan judul:

PENGARUH VARIASI ADMIXTURE TERHADAP WORKABILITY DAN KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR FLY ASH DENGAN KANDUNGAN KALSIUM TINGGI

Yang dihadiri dan dipresentasikan oleh mahasiswa :

( Hadir / Tidak Hadir)

10111610013078 JIHAD FADHLUROHMAN

Hadir

Yang dihadiri oleh dosen Pembimbing:

( Hadir / Tidak Hadir)

1 Nur Achmad Husin, ST., MT.

Hadir

2 Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.

Hadir

Yang dihadiri oleh dosen Pengawii:

( Hadir / Tidak Hadir)

1 Ir. Srie Subekti, MT.

Hadir

2 R. Buyung Anugraha A., ST., MT.

Hadir

3

Bahwasanya, musyawarah pembimbing dan pengawii pada sidang proyek akhir ini memutuskan:

10111610013078 JIHAD FADHLUROHMAN

LULUS, DENGAN REVISI MINOR

Catatan / revisi / masukan :

Ir. Srie Subekti, MT.

a Kesimpulan dibahas / direvisi

b

c

d

e

f

### **R. Buyung Anugraha A., ST., MT.**

- a -disampaikan tujuan sukrosa, dan
- b efek lain akibat penambahan.
- c -tinjauan pustaka sama kesimpulan dan saran dilengkapi

### **P.Husin**

- a Permasalahan, kesimpulan, dan saran
- b Harus dipertegas standar 35 MPa pd umur berapa hari?, State di kesimpulan

### **P.Ridho**

- a Bab 1: Knapa SP penting.
- b Bab 2: SP itu apa?, Pengaruh ke kloride?, Kontribusi thd kuat tekan, dst
- c Admixture yang membantu menambah performa
- 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.



# **PENGARUH VARIASI *ADMIXTURE* TERHADAP WORKABILITY DAN KUAT TEKAN BETON GEOPOLIMER BERBAHAN DASAR *FLY ASH* DENGAN KANDUNGAN KALSIUM TINGGI**

**Nama Mahasiswa : Jihad Fadhlurohman  
NRP : 10111610013078  
Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS  
Dosen Pembimbing 1 : Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.  
NIP : 19720115 199802 1 001  
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.  
NIP : 19780201 200604 2 002**

## **ABSTRAK**

Beton geopolimer adalah beton yang dibuat tanpa semen namun digantikan dengan *fly ash*. *Fly ash* dipilih karena banyak mengandung unsur-unsur silika (Si) dan alumina (Al). *Fly ash* secara independen tidak memiliki sifat mengikat atau *cementious*, oleh karena itu *fly ash* harus direaksikan dengan alkali aktivator. Alkali aktivator yang digunakan dalam penelitian ini adalah NaOH 10 M dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> serta perbandingan rasio aktivator 1:1. Penelitian ini menggunakan *fly ash* kelas C (*high-calcium fly ash*) dengan kadar CaO > 10%. *Fly ash* kelas C ini jarang digunakan dalam campuran geopolimer pembuatan beton. Hal ini dikarenakan pada beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* kelas C mengalami *flash setting*, akibat reaksi hidrolik yang meningkat, seiring dengan meningkatnya kadar kalsium. Hal ini otomatis menyebabkan beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* tipe C sulit dikerjakan (*workability* rendah).

Pemberian *admixture* bertujuan untuk meningkatkan *workability* yang ditandai dengan bertambahnya nilai *slump*, dan menunda terjadinya *flash setting*. Pemberian *admixture* dibatasi maksimal 2% dari pengikat. Pada penelitian ini dibuat beton geopolimer dengan variasi *admixture* sebesar 0%, 0.5%, 1%, 1.5%. Jenis *admixture* yang digunakan adalah sukrosa. Kemudian,

pengujian yang dilakukan yaitu: kuat tekan pada umur 7, 14, 28, 56 hari, uji slump, uji *permeability*, uji porositas serta uji *resistivity*. Metode pencampuran yang digunakan yaitu metode pencampuran kering, dimana alkali aktivator yang digunakan adalah bentuk kering (padatan) dan *fly ash* dihaluskan bersama untuk membuat semen geopolimer. Selanjutnya, semen geopolimer tersebut dicampur dengan air, agregat halus dan kasar untuk membuat beton geopolimer.

Hasilnya, nilai slump pada 4 variasi beton geopolymers: V. kontrol (tanpa *admixture*), V.1 (*admixture* 0,5%), V.2 (*admixture* 1%) dan V.3 (*admixture* 1,5%) berturut-turut adalah 12,5 cm, 16,5 cm, 18,5 cm, dan 19,5 cm. Sedangkan kuat tekan rata-rata 3 silinder beton geopolimer usia 28 hari pada 4 variasi berturut-turut adalah 16,58 MPa; 29,55 MPa; 35,29 MPa; dan 29,05 MPa. Sehingga pemberian *admixture* yang efektif pada penelitian ini yaitu 1%, karena dapat meningkatkan *workability* beton geopolimer tanpa mengurangi kuat tekannya. Namun peningkatan kuat tekan yang terjadi perlu diteliti lebih lanjut, terutama untuk mikrostrukturnya, mengingat belum pernah terjadi peningkatan yang signifikan hanya dengan penambahan *admixture*.

**Kata kunci:** Beton Geopolimer, Fly ash, Admixture, Workability, Kuat tekan

# **THE EFFECT OF ADMIXTURE VARIATIONS ON WORKABILITY AND COMPRESSIVE STRENGTH OF HIGH CALCIUM FLY ASH GEOPOLYMER CONCRETE**

<b>Student's Name</b>	<b>: Jihad Fadhlurohman</b>
<b>NRP</b>	<b>: 10111610013078</b>
<b>Department</b>	<b>: Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS</b>
<b>1<sup>st</sup> Supervisor</b>	<b>: Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.</b>
<b>NIP</b>	<b>: 19720115 199802 1 001</b>
<b>2<sup>nd</sup> Supervisor</b>	<b>: Dr. Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.</b>
<b>NIP</b>	<b>: 19780201 200604 2 002</b>

## ***ABSTRACT***

*Geopolymer concrete is concrete which made without cement but replaced with fly ash. Fly ash independently has no binding or cementitious properties, therefore fly ash must be reacted with an alkaline activator. Alkaline activators used in this study are NaOH 10 M and Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, and the ratio of activator was 1:1. This study uses class C fly ash (high-calcium fly ash) with a CaO level more than 10%. C class fly ash is rarely used in concrete-making geopolymers mixtures. This is because the type-C fly ash-based geopolymers concrete had a flash setting, due to increased hydraulic reaction, along with increasing calcium levels. This automatically causes geopolymers concrete based on type-C fly ash to be difficult to work with (low workability).*

*Giving admixture aims to improve workability which is showed by an increasing the slump value, and delay the occurrence of flash settings. Administration of admixture is limited to a maximum of 2% of the binder. In this study geopolymers concrete*

*was made with admixture variation of 0%, 0.5%, 1%, 1.5%. Sucrose is used for admixture. Then the tests carried out are: compressive strength at the age of 7, 14, 28, 56 days, slump test, permeability test, porosity test, and resistivity test. The mixing method used is the dry mixing method, where the alkaline activator used is the dry form (solid) and the fly ash is mashed together to make geopolymers cement. Furthermore, the geopolymers cement is mixed with water, fine and coarse aggregates to make geopolymers concrete.*

*The result is, the value in 4 variations of geopolymers concrete: V. Control (without admixture), V.1 (admixture 0.5%), V.2 (admixture 1%) and V.3 (admixture 1.5%) are respectively; 12.5 cm, 16.5 cm, 18.5 cm and 19.5 cm. While the average compressive strength of 3 cylinders of 28-day at 4 variations geopolymers concrete was consecutive: 16.58 MPa, 29.55 MPa, 35.29 MPa, and 29.05 MPa. So that the effective administration of admixture in this study is 1%, because it can improve the workability of geopolymers concrete without reducing its compressive strength. However, a significant increase in compressive strength needs to be further investigated, because there has never been a significant increase of compressive strength only with the addition of admixture.*

***Keywords:*** ***Geopolymer concrete, Fly ash, Admixture, Workability, Compressive strength***

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur senantiasa saya haturkan kehadiran kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, dan karunia-Nya sehingga laporan tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Variasi *Admixture* Terhadap *Workability* dan Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar *Fly Ash* dengan Kandungan Kalsium Tinggi” dapat terselesaikan dengan tepat waktu. Laporan tugas akhir ini sebagai implementasi ilmu yang telah didapat selama perkuliahan di Program Sarjana Terapan, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penyusunan laporan tugas akhir ini sebagai syarat akhir kelulusan pada Program Sarjana Terapan, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan tugas akhir tidak akan terlaksana tanpa bantuan dan bimbingan dari beberapa pihak. Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis.
2. Bapak Nur Ahmad Husin, ST., MT. dan Ibu Dr. Eng, Yuyun Tajunnisa, ST., MT. selaku dosen pembimbing dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Kedua orang tua dan keluarga saya yang selama ini telah membantu saya dalam bentuk moril maupun materiil.
4. Bapak Mohamad Khoiri, S.T., M.T., PhD. Selaku Kepala Departemen Teknik Rekayasa Pengelolaan dan Pemeliharaan Bangunan Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
5. Yosi, Ferdi, Ian, Hermawan, Atho, Nisar, Yusuf, Ajie, Syafiq dan teman teman yang telah mendukung dan

- berpartisipasi dalam membantu terlaksananya penyusunan laporan tugas akhir ini.
6. Laboratorium Material dan Struktur Gedung (LMSG) Teknik Infrastruktur Sipil ITS yang telah menyediakan peralatan dan bahan untuk kegiatan penelitian ini.

Penyusun menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, kami berharap saran dan tanggapan yang membangun untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun pada umumnya dan bagi pembaca pada khususnya.

Surabaya, Agustus 2020

Penulis

## **DAFTAR ISI**

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan .....	4
1.5 Manfaat .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Beton Geopolimer .....	5
2.2 <i>Admixture</i> .....	7
2.2.1 Pengertian <i>Admixture</i> .....	7
2.2.2 Jenis jenis <i>Admixture</i> .....	7
2.2.3 Mekanisme Polimerisasi pada Beton Geopolimer Berbahan Dasar <i>Fly ash</i> Tipe C.....	9
2.2.4 Mekanisme <i>admixture</i> pada Beton Geopolimer Berbahan Dasar <i>Fly ash</i> Tipe C.....	11
2.3 Material Penyusun .....	14

2.3.1 Fly ash .....	14
2.3.2 Alkali Aktivator.....	20
2.3.3 Agregat.....	21
2.3.4 Air .....	22
2.4 <i>Curing</i> .....	23
2.5 Pengujian pada Material Penyusun Beton Geopolimer.....	23
2.5.1 XRF (X-Ray Fluorescene) .....	23
2.5.2 XRD (X-Ray Diffraction).....	24
2.5.3 SEM-EDX .....	25
2.5.4 Berat jenis Agregat Halus (ASTM C128/SNI-1969-2008) Agregat Kasar (ASTM C127/SNI-1970-2008).....	26
2.5.5 Analisis Gradasii Agregat Halus dan Kasar (ASTM C-136) .....	26
2.5.6 Uji Keausan Agregat (SNI-2417-2008) .....	27
2.6 Pengujian Pada Beton.....	27
2.6.1 Uji Slump .....	27
2.6.2 Kuat Tekan .....	27
2.6.3 Uji <i>Resistivity</i> .....	29
2.6.4 Uji Permeabilitas .....	29
2.6.5 Uji <i>Porosity</i> .....	30
2.7 Konversi campuran basah ke campuran kering .....	31
BAB III METODOLOGI .....	35
3.1 Umum.....	35
3.2 Uraian Metodologi .....	36
3.2.1 Studi Literatur.....	37

3.2.2 Persiapan dan Pengujian Material .....	37
3.2.2.1 <i>Fly ash</i> .....	37
3.2.2.2 Agregat .....	39
3.2.2.3 Alkali Aktivator.....	42
3.2.2.4 <i>Admixture</i> .....	43
3.2.3 Penentuan <i>Mix Design</i> Beton Geopolimer .....	44
3.2.3.1 Perhitungan <i>Mix Design</i> Benda Uji .....	44
3.2.3.2 Konversi <i>Mix Design</i> Metode Basah ke Metode Kering.....	51
3.2.4 Pembuatan Benda Uji Beton Geopolimer .....	54
3.2.4.1 Persiapan alat.....	54
3.2.4.2 Persiapan Bahan .....	56
3.2.4.3 Pembuatan Semen Geopolimer.....	57
3.2.4.4 Pembuatan Beton Geopolimer .....	59
3.2.5 Perawatan Benda Uji ( <i>Curing</i> ) .....	63
3.2.6 Pengujian Beton .....	63
3.2.6.1 Uji Slump .....	63
3.2.6.2 Uji Kuat Tekan .....	64
3.2.6.3 Uji <i>Resistivity</i> .....	66
3.2.6.4 Uji <i>Permeability</i> .....	67
3.2.6.5 Uji <i>Porosity</i> .....	70
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	73
4.1 Umum.....	73
4.2 Hasil Analisa Material Penyusun.....	73

4.2.1 Fly Ash.....	73
4.2.1.1 Uji XRD .....	73
4.2.1.2 Uji XRF .....	74
4.2.1.3 Uji <i>Specific Gravity Fly Ash</i> .....	75
4.2.1.4 Uji SEM - EDX Fly Ash.....	76
4.2.2 Alkali Aktivator.....	76
4.2.2.1 Spesifikasi Kandungan Kimia NaOH .....	76
4.2.2.2 Spesifikasi Kandungan Kimia Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> .....	77
4.2.3 Agregat .....	78
4.2.3.1 Agregat Kasar .....	78
4.2.3.2 Agregat Halus .....	79
4.3 Hasil Pengujian Beton Geopolimer .....	81
4.3.1 Pengujian <i>Slump test</i> .....	81
4.3.2 Pengujian Kuat Tekan .....	83
4.3.2.1 Variasi Kontrol (Tanpa Sukrosa) .....	84
4.3.2.2 Variasi 1 (Sukrosa 0,5%) .....	85
4.3.2.3 Variasi 2 (Sukrosa 1%) .....	87
4.3.2.4 Variasi 3 (Sukrosa 1,5%) .....	88
4.3.3 Pengujian <i>Resistivity</i> .....	91
4.3.3.1 Variasi Kontrol (Tanpa Sukrosa) .....	91
4.3.3.2 Variasi 1 (Sukrosa 0,5%) .....	92
4.3.3.3 Variasi 2 (Sukrosa 1%) .....	93
4.3.3.4 Variasi 3 (Sukrosa 1,5%) .....	94
4.3.4 Pengujian Porositas.....	96

4.3.4.1 Variasi Kontrol (Tanpa Sukrosa) .....	96
4.3.4.2 Variasi 1 (Sukrosa 0,5%).....	96
4.3.4.3 Variasi 2 (Sukrosa 1%).....	96
4.3.4.4 Variasi 3 (Sukrosa 1,5%).....	97
4.3.5 Pengujian <i>Permeability</i> .....	98
4.3.5.1 Variasi Kontrol (Tanpa Sukrosa) .....	98
4.3.5.2 Variasi 1 (Sukrosa 0,5%).....	98
4.3.5.3 Variasi 2 (Sukrosa 1%).....	99
4.3.5.4 Variasi 3 (Sukrosa 1,5%).....	99
4.4 Analisa Pengaruh Penambahan <i>Admixture</i> (Sukrosa Terhadap Kuat Tekan dan <i>Workability</i> Beton Geopolimer...)	100
4.5 Analisa Pengaruh Penambahan <i>Admixture</i> (Sukrosa Terhadap Kuat Tekan dengan Parameter Pengujian lain. ....	102
4.5.1 Kuat Tekan dengan Pengujian Porositas.....	102
4.5.2 Kuat Tekan dengan Pengujian <i>Resistivity</i> .....	104
4.5.3 Kuat Tekan dengan Pengujian <i>Permeability</i> .....	106
BAB V .....	109
KESIMPULAN .....	109
5.1 Kesimpulan .....	109
5.2 Saran .....	110
DAFTAR PUSTAKA .....	111
BIODATA PENULIS .....	119

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Penggolongan Polisialate .....	6
Gambar 2.2 Reaksi Kimia Proses Polikondensasi oleh Alkali Menjadi Poli (Sialate- Siloxo) .....	6
Gambar 2.3 Pengaruh penambahan admixture pada beton (Bayu Aji, “Materi 5 Admixture”) .....	8
Gambar 2.4 Proses Polimerisasi pada beton geopolimer berbahan dasar fly ash tipe F (Khale dkk, 2007).....	9
Gambar 2.5 (a) Proses Polimerisasi pada beton geopolimer berbahan dasar fly ash tipe C (Khale dkk, 2007 dan Widojoko, 2010) .....	10
Gambar 2.6 (a) Bentuk Struktur Molekul N-A-S-H (pseudo-zeolitic structure) (b) Bentuk Struktur Molekul C-S-H/C-A-S-H (tobermorite structure) (Khale dkk, 2007 dan Richardson, 2008) .....	10
Gambar 2.7 (a) Sukrosa (b) Rumus Kimia Sukrosa.....	13
Gambar 2.8 Micrograph Fly Ash Particles .....	15
Gambar 2.9 Fly ash; (a) fly ash kelas C (b) fly ash kelas F .....	16
Gambar 2.10 Alkali Aktivator; (a) Sodium Silikat (b) Sodium Hidroksida.....	21
Gambar 2.11 Agregat; (a) Agregat Halus (b) Agregat Kasar.....	22
Gambar 2.12 Cara Kerja Uji XRF .....	24
Gambar 2.13 Pengujian SEM-EDX; (a) Grafik Hasil Uji EDX (b) Hasil Uji SEM-EDX.....	25
Gambar 3.1 Diagram Alur Metodologi .....	35
Gambar 3.2 Diagram alur metodologi .....	36
Gambar 3.3 Fly Ash Tipe C .....	38
Gambar 3.4 Agregat; (a) Agregat Halus (b) Agregat Kasar.....	39
Gambar 3.5 Saringan Agregat dan Sieve Shacker .....	40

Gambar 3.6 Peralatan Tes Abrasi; (a) Mesin Los Angeles (b) Bola Pejal .....	41
Gambar 3.7 Natrium Hidroksida (NaOH) Berbentuk Kristal .....	42
Gambar 3.8 Natrium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) Berbentuk Kristal.....	43
Gambar 3.9 Sukrosa .....	43
Gambar 3.10 Diagram Alir Mix Desain .....	45
Gambar 3.11 Grafik kuat tekan beton umur 28 hari vs solusi alkali aktivator/fly ash.....	47
Gambar 3.12 Alat Grinding; (a) Mesin Grinding (b) Bola Baja .	58
Gambar 3.13 Memasukkan Material Semen Geopolimer ke dalam Mesin Grinding .....	58
Gambar 3.14 Hasil Akhir Semen Geopolimer Setelah Dihaluskan .....	59
Gambar 3.15 Mengemasai Hasil Grinding Semen Geopolimer ke dalam Plastik .....	59
Gambar 3.16 Membasahi Mixer dengan Air .....	60
Gambar 3.17 Memasukkan Agregat ke dalam Mixer (a) Agregat Kasar (b) Agregat Halus.....	60
Gambar 3.18 Memasukkan Semen Geopolimer .....	61
Gambar 3.19 Menutup Mixer dengan Triplek .....	61
Gambar 3.20 Adonan Beton Tercampur Rata dan Homogen.....	62
Gambar 3.21 Memasukkan Adonan Beton ke dalam Kerucut Slump .....	62
Gambar 3.22 (a) Lokasi Perawatan Benda Uji (b) Suhu Perawatan Benda Uji .....	63
Gambar 3.23 Benda Uji.....	64
Gambar 3.24 Menimbang Benda Uji.....	65
Gambar 3.25 (a) Posisi beton sentris dengan mesin kuat tekan (b) Triplek di letakkan diatas benda uji.....	65
Gambar 3.26 Mencatat beban maksimum yang terjadi saat benda uji sudah hancur .....	66
Gambar 3.27 (a) Benda uji (b) Alat uji Resistivity .....	66
Gambar 3.28 Menekan alat Resipod Proceq ke benda uji.....	67

Gambar 3.29 (a) Benda uji (b) Alat uji Permeability .....	67
Gambar 3.30 Memasang selang vakum ke pompa .....	68
Gambar 3.31 Meletakkan vakum di atas permukaan beton yang rata .....	68
Gambar 3.32 (a) Mengangkat Tuas Merah (b) Mengangkat Tuas Biru .....	69
Gambar 3.33 Output dari Permeability Test.....	69
Gambar 3.34 Benda Uji Ukuran 10x20 cm .....	70
Gambar 3.35 Memotong Benda Uji .....	70
Gambar 3.36 Hasil Potongan tidak ada yang tercuil dan rata ....	71
Gambar 3.37 (a) Memasukkan sampel ke oven (b) Menimbang sampel .....	71
Gambar 3.38 (a) Merendam Sampel dalam air (b) Menimbang sampel dalam air .....	72
Gambar 3.39 Kondisi Sampel setelah di oven (kiri) dan Kondisi sampel saat SSD (kanan).....	72
 Gambar 4.1 Pola XRD Fly Ash Digunakan pada Penelitian ini oleh Lab. Teknik Material dan Metalurgi ITS.....	73
Gambar 4.2 Bentuk Partikel Fly Ash hasil uji SEM EDX .....	76
Gambar 4.3 Gradasi Agregat Kasar Batu Pecah Menunjukkan Hasil Zona Maks 20 mm .....	79
Gambar 4.4 Gradasi Agregat Halus Pasir Lumajang Menunjukkan Hasil Zona 4 .....	80
Gambar 4.5 Grafik Nilai Slump Berdasarkan % Penambahan Sukrosa.....	82
Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi Kontrol (Tanpa Sukrosa) .....	85
Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 1 (Sukrosa 0,5%).....	86
Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 2 (Sukrosa 1%).....	88

Gambar 4.9 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 3 (Sukrosa 1,5%).....	89
Gambar 4.10 Grafik Nilai Kuat Tekan Seluruh Variasi Beton Geopolimer.....	90
Gambar 4.11 Grafik Hasil Pengujian Resistivity Variasi Kontrol (Tanpa Sukrosa) .....	91
Gambar 4.12 Grafik Hasil Pengujian Resistivity Variasi 1 (Sukrosa 0,5%).....	92
Gambar 4.13 Grafik Hasil Pengujian Resistivity Variasi 2 (Sukrosa 1%).....	93
Gambar 4.14 Grafik Hasil Pengujian Resistivity Variasi 3 (Sukrosa 1,5%).....	94
Gambar 4.15 Grafik Nilai Resistivity Seluruh Variasi Beton Geopolimer.....	95
Gambar 4.16 Grafik Nilai Porositas Seluruh Variasi Beton Geopolimer.....	97
Gambar 4.17 Grafik Korelasi Hubungan antara Kuat Tekan dengan Workability .....	100
Gambar 4.18 Grafik Korelasi Hubungan antara Kuat Tekan dengan Porositas .....	102
Gambar 4.19 Grafik Korelasi Hubungan antara Kuat Tekan dengan Resistivity.....	104
Gambar 4.20 Grafik Korelasi Hubungan antara Resistivity dengan Porositas .....	105
Gambar 4.21 Grafik Korelasi Hubungan antara Kuat Tekan dengan Permeability .....	106

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Variasi admixture yang akan digunakan.....	13
Tabel 2.2 Tabel Komposisi Kimia Fly Ash Tipe C (PLTU Paiton) .....	17
Tabel 2.3 Tabel Persyaratan Kandungan Kimia Fly Ash.....	18
Tabel 2.4 Tabel Susunan Sifat Fisik Fly Ash .....	18
Tabel 2.5 Tabel Persyaratan Fisik Fly Ash.....	19
Tabel 2.6 Klasifikasi Standar Deviasi .....	28
Tabel 2.7 Tingkat korosi uji resistivity .....	29
Tabel 2.8 Klasifikasi kualitas beton berdasarkan koef.permeabilitas .....	30
Tabel 2.9 Molaritas NaOH dalam beberapa konsentrasi .....	31
Tabel 2.10 Notasi prosentase kandungan oksida dalam larutan $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ .....	32
Tabel 3.1 Kadar air maksimum dan persentase udara per meter kubik beton.....	46
Tabel 3.2 Berat jenis NaOH dengan Molaritas yang berbeda....	49
Tabel 3.3 Dosis Admixture .....	50
Tabel 3.4 Rangkuman Hasil Mix Design (Metode Basah) .....	50
Tabel 3.5 Perbandingan berat NaOH padat dan Air dalam beberapa konsentrasi molar larutan NaOH .....	51
Tabel 3.6 % kandungan Oksida dalam Larutan $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ .....	52
Tabel 3.7 Rangkuman Jumlah Aktivator padat dan Aktivator larutan .....	54
Tabel 3.8 Rangkuman Hasil Mix Design Metode Kering.....	54
Tabel 3.9 Alat Pembuatan Benda Uji .....	55
Tabel 3.10 Bahan Pembuatan Benda Uji .....	56
Tabel 4.1 Kandungan Mineral Hasil Pengujian XRD Terhadap Fly Ash yang Digunakan .....	74

Tabel 4.2 Hasil uji XRF komposisi kimia fly ash Berdasarkan Hasil Pengujian XRF oleh LPPM ITS Surabaya.....	75
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis Fly Ash.....	75
Tabel 4.4 Tipikal Komposisi Kimia pada Sodium Hidroksida Flake 98% (Cristal Company, 2016).....	77
Tabel 4.5 Berat Jenis NaOH dalam Beberapa Konsentrasi Molar Larutan .....	77
Tabel 4.6 Kandungan oksida pada $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ .....	78
Tabel 4.7 Analisa Ayakan Agregat Kasar.....	78
Tabel 4.8 Spesifikasi Agregat Kasar Batu Pecah maks. 20 mm yang Digunakan dalam Penelitian Ini .....	79
Tabel 4.9 Analisa Ayakan Agregat Halus.....	80
Tabel 4.10 Spesifikasi Agregat Halus Pasir Lumajang yang Digunakan dalam Penelitian Ini .....	81
Tabel 4.11 Nilai Slump pada masing masing variasi .....	81
Tabel 4.12 Faktor Koreksi Rasio Panjang (L) dengan Diameter (D) Benda Uji .....	83
Tabel 4.13 Estimasi Korelasi kuat tekan silinder beton berdasarkan diameter benda uji .....	83
Tabel 4.14 Kuat Tekan Beton Geopolimer Variasi Kontrol (Tanpa Sukrosa) .....	84
Tabel 4.15 Klasifikasi Standar Deviasi Variasi Kontrol (Tanpa Sukrosa) Berdasarkan Hasil Kuat Tekan .....	84
Tabel 4.16 Kuat Tekan Beton Geopolimer Variasi 1 (Sukrosa 0,5%).....	85
Tabel 4.17 Klasifikasi Standar Deviasi Variasi 1 (Sukrosa 0,5%) Berdasarkan Hasil Kuat Tekan .....	86
Tabel 4.18 Kuat Tekan Beton Geopolimer Variasi 2 (Sukrosa 1%) .....	87
Tabel 4.19 Klasifikasi Standar Deviasi Variasi 2 (Sukrosa 1%) Berdasarkan Hasil Kuat Tekan .....	87
Tabel 4.20 Kuat Tekan Beton Geopolimer Variasi 3 (Sukrosa 1,5%).....	88

Tabel 4.21 Klasifikasi Standar Deviasi Variasi 3 (Sukrosa 1,5%) Berdasarkan Hasil Kuat Tekan .....	89
Tabel 4.22 Nilai Kuat Tekan Beton Geopolimer Seluruh Variasi .....	90
Tabel 4.23 Nilai Resistivity Beton Geopolimer Variasi Kontrol (tanpa Sukrosa) .....	91
Tabel 4.24 Nilai Resistivity Beton Geopolimer Variasi 1 (Sukrosa 0,5%).....	92
Tabel 4.25 Nilai Resistivity Beton Geopolimer Variasi 2 (Sukrosa 1%).....	93
Tabel 4.26 Nilai Resistivity Beton Geopolimer Variasi 3 (Sukrosa 1,5%).....	94
Tabel 4.27 Nilai Resistivity Beton Geopolimer Seluruh Variasi	95
Tabel 4.28 Nilai Porositas Beton Geopolimer Variasi Kontrol (tanpa Sukrosa) .....	96
Tabel 4.29 Nilai Porositas Beton Geopolimer Variasi 1 (Sukrosa 0,5%).....	96
Tabel 4.30 Nilai Porositas Beton Geopolimer Variasi 2 (Sukrosa 1%).....	96
Tabel 4.31 Nilai Porositas Beton Geopolimer Variasi 3 (Sukrosa 1,5%).....	97
Tabel 4.32 Nilai Porositas Beton Geopolimer Seluruh Variasi...	97
Tabel 4.33 Nilai Permeability Beton Geopolimer Variasi Kontrol (tanpa Sukrosa) Umur 28 Hari .....	98
Tabel 4.34 Nilai Permeability Beton Geopolimer Variasi 1 (Sukrosa 0,5%) Umur 28 Hari.....	99
Tabel 4.35 Nilai Permeability Beton Geopolimer Variasi 2 (Sukrosa 1%) Umur 7 dan 14 Hari .....	99
Tabel 4.36 Nilai Permeability Beton Geopolimer Variasi 3 (Sukrosa 1,5%) Umur 7 dan 14 Hari .....	100

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan infrastruktur di Indonesia mulai digencarkan beberapa tahun terakhir. Proses pembangunan infrastruktur tersebut membutuhkan suatu material penting yaitu beton. Beton tersusun oleh bahan pengikat utama yaitu semen portland. Hal itu mengakibatkan kebutuhan atas semen portland akan terus bertambah seiring dengan berkembangnya infrastruktur. Kebutuhan semen dan beton itu sendiri rata-rata mencapai 6,58 juta ton/bulan per semester 1 2018 (Asosiasi Semen Indonesia, 2019). Penggunaan semen dalam jumlah besar tentunya dapat merusak lingkungan, karena dalam proses produksi semen menghasilkan emisi gas rumah kaca (karbon dioksida). Gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) merupakan salah satu penyebab pemanasan global. Prof. Joseph Davidovits menemukan inovasi untuk mengurangi penggunaan semen Portland dalam pembuatan beton yang dinamai geopolimer, karena merupakan sintesa bahan-bahan alam non organik lewat proses polimerisasi (Davidovits, 2008). Selain tidak menghasilkan emisi gas  $\text{CO}_2$  seperti pada pembuatan semen Portland (Malhotra, 1999), beton geopolimer memiliki keunggulan tahan terhadap lingkungan korosif, serta daya tahan yang impresif (Tajunnisa dkk, 2016). Menurut SNI 2847 - 2002 beton yang digunakan pada lingkungan korosif harus memiliki kuat tekan minimal 35 MPa. Bahan dasar utama yang diperlukan untuk pembuatan material geopolimer ini adalah bahan-bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silika (Si) dan alumina (Al), yang jika bereaksi dengan alkali akan dapat bersifat *cementious* dan dapat menggantikan semen portland sebagai *binder* atau bahan pengikat. Salah satu material yang memiliki banyak kandungan silika (Si) dan alumina (Al) adalah limbah abu terbang atau limbah *fly Ash* (Hardjito, 2005).

*Fly ash* tipe C yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan *high-calcium fly ash* yang memiliki sifat *pozzolan* dan sifat *cementitious* (ASTM C 618, 2010) dengan kadar CaO yang lebih besar dari 10%, tergolong jarang digunakan untuk pembuatan beton geopolimer. Campuran beton geopolimer dengan bahan pengikat limbah *fly ash* tipe C mempunyai sifat kekentalan yang kaku karena terdapat kandungan kalsium (CaO) didalamnya, yang menyebabkan selain reaksi polimerisasi juga terjadi reaksi hidrasi (Wang, 2006 dan Roberts dkk 2017). Akibat dari reaksi hidrasi tersebut adalah terbentuknya fase/gel *calcium aluminosilicate-hydrate* (C-A-S-H) yang berdampingan dengan *alkali aluminosilicate* (N-A-S-H) (S.A. Bernal dkk, (2011) dan C.K. Yip dkk, (2005)). Fase C-A-S-H tersebut menyebabkan beton geopolimer mengalami *flash setting* (Antoni dkk, 2016). Hal itu mengakibatkan beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* tipe C sulit untuk dikerjakan/memiliki *workability* rendah, yang ditandai dengan kecilnya nilai *slump*.

Penelitian terhadap penambahan *admixture* berbasis *superplasticizer* pada beton geopolimer untuk meningkatkan *workability* telah dilakukan, namun tidak menghasilkan hasil yang signifikan (Kusbiantoro dkk, 2013), seperti: *Sodium naphthalene formaldehyde sulphonate* (Behzad dkk, 2014) dan *polycarboxylate* (Jang JG dkk, 2014). *Polycarboxylate* memberikan efek yang signifikan terhadap *workability* karena memiliki sifat *retarding*. Namun *polycarboxylate* digunakan pada *fly ash* tipe F. Rattanasak, Pankhet, & Chindaprasirt, (2011) menyebutkan jenis *admixture* berbasis *superplasticizer* serta bersifat *retarding* yaitu sukrosa. Sukrosa dapat menambah *final setting time* pasta secara signifikan. Hal ini disebabkan karena sukrosa dapat menutup partikel *fly ash* dari larutan alkali. Sehingga pembentukan fase C-A-S-H dapat diperlambat, dan meningkatkan *workability* beton geopolimer.

Batasan dosis pemberian *admixture*, (Hardjito dkk, 2004) menyebutkan pemberian *admixture* berbasis *superplasticizer*

yang efektif untuk meningkatkan *workability* dengan rentang 0,8%-2%. Studi dari (Marthin D. J. Sumajouw, 2014) menyebutkan pemberian *admixture* yang optimal adalah 0,2%-2%. Kuat tekan terbesar dengan *workability* tinggi diperoleh pada saat campuran beton geopolimer menggunakan *admixture* 0,5% yaitu sebesar 14,28 MPa. (Tanakorn Phoo-ngernkham, 2018) menyebutkan beton geopolimer dengan bahan dasar *fly ash* tipe C dapat mencapai *workability* tinggi ( $\pm 20$  cm) dengan kuat tekan sebesar 15 – 35 MPa dengan tambahan *admixture* sebesar 1% dengan metode basah. Namun metode basah sangat sulit untuk diimplementasikan pada masyarakat umum karena harus melibatkan perhitungan kimia (Yasin, 2017).

Sehingga dari permasalahan di atas, penelitian ini akan membahas “Pengaruh Variasi *Admixture* terhadap *Workability* dan Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar *Fly ash* dengan Kandungan Kalsium Tinggi”, menggunakan molaritas sodium hidroksida sebesar 10 M. *Admixture* yang digunakan merupakan serbuk gula halus (sukrosa), serta metode pencampuran yang digunakan metode pencampuran kering. Selain itu pengujian yang digunakan sebagai parameter dalam penelitian ini adalah uji *resistivity*, uji *permeability*, dan uji porositas, yang nantinya hasil dari pengujian tersebut akan dikorelasikan terhadap kuat tekan beton geopolimer. Diharapkan agar diperoleh persentase *admixture* beton geopolimer dengan *workability* tinggi serta target mutu sebesar 35 MPa.

## 1.2 Rumusan Masalah

Kemudahan penggerjaan (*workability*) dan target kuat tekan sebesar 35 MPa pada beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* tipe C merupakan permasalahan yang ditinjau. Variasi pada penelitian ini adalah penambahan *admixture* berupa sukrosa pada beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* dengan kandungan kalsium tinggi (tipe C) dengan metode pencampuran kering.

### 1.3 Batasan Masalah

1. Material yang digunakan adalah *fly ash* Tipe C dari limbah PLTU Paiton Jawa Power.
2. Persentase *admixture* yang digunakan yaitu: 0% , 0.5% , 1% , 1.5%
3. *Admixture* yang digunakan yaitu gula pasir halus.
4. Kadar *Sodium Hydroxide* (NaOH) yang digunakan sebesar 10 Molar.
5. Perbandingan Aktivator  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  terhadap NaOH= 1 : 1
6. Uji standar yang dilakukan adalah *permeability*, *porosity*, *slump*, *resistivity*, dan kuat tekan pada umur 7 hari, 14 hari, 28 hari, 56 hari.
7. Metode pencampuran yang digunakan adalah metode pencampuran kering.

### 1.4 Tujuan

1. Mendapatkan beton geopolimer dengan kuat tekan rencana 35 MPa pada usia 28 hari dengan metode pencampuran kering.
2. Mengetahui pengaruh penambahan *admixture* pada *workability* dan kuat tekan beton geopolimer dengan metode pencampuran kering.
3. Mendapatkan persentase *admixture* yang untuk efektif beton geopolimer dengan aktivator NaOH 10 M, menggunakan metode pencampuran kering.

### 1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini, yaitu sebagai berikut:

1. Mendapatkan beton geopolimer dengan kuat tekan rencana minimal 35 MPa.
2. Mendapatkan pengaruh penambahan *admixture* pada *workability* dan kuat tekan beton geopolimer.
3. Mendapatkan persentase *admixture* yang paling efektif untuk meningkatkan *workability* beton geopolimer

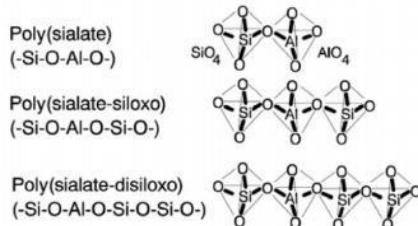
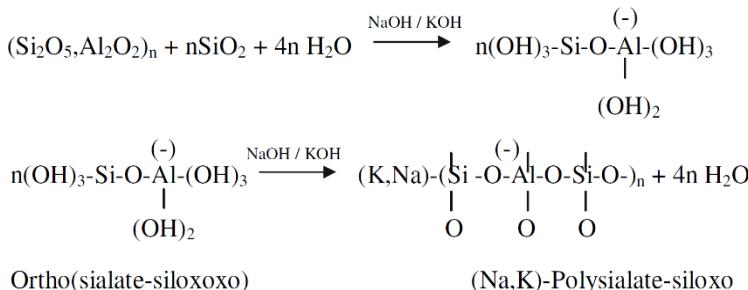
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Beton Geopolimer

Beton geopolimer adalah sebuah senyawa silikat alumino anorganik yang disintesikan dari bahan – bahan produk sampingan seperti abu terbang (*Fly ash*) yang banyak mengandung silikon (Si) dan aluminium (Al) (Davidovits, 1991). Geopolimer merupakan produk beton geosintetik dimana reaksi pengikatan yang terjadi adalah reaksi polimerisasi. Proses pembentukan beton geopolimer disebut dengan proses polimerisasi kondensasi, yaitu reaksi gugus fungsi banyak (molekul yang mengandung dua gugus fungsi atau lebih yang dapat bereaksi) yang menghasilkan satu molekul besar bergugus fungsi banyak pula dan diikuti oleh pelepasan molekul kecil (Davidovits, 2011). Oleh karena itu beton geopolimer dinilai lebih ramah lingkungan karena tidak menghasilkan limbah pada proses pembuatannya. Salah satu material yang memiliki banyak kandungan silika (Si) dan alumina (Al) adalah limbah abu terbang atau limbah *fly ash*.

Proses polimerisasi yang terjadi di dalam beton geopolimer meliputi reaksi kimia yang terjadi antara alkalin dengan mineral Si – Al sehingga menghasilkan rantai polimerik tiga – dimensi dan ikatan struktur Si – O – Al – O yang konsisten (Davidovits, 1999). Davidovits menggolongkan *polysialate* menjadi 3 tipe, yaitu: *Poly(sialate) type* (-Si-O-Al-O), *poly (sialate-siloxo) type* (-Si-O-Al-O-Si-O) dan *poly (sialate-disiloxo) type* (-Si-O-Al-O-Si-O-Si-O). Proses polikondensasi oleh alkali menjadi poli (sialate- siloxo) adalah seperti pada Gambar 2.1.

**Gambar 2.2** Penggolongan Polisialate**Gambar 2.1** Reaksi Kimia Proses Polikondensasi oleh Alkali Menjadi Poli (Sialate- Siloxo)

“Menurut Martinez, I., & Garcia, J.S. (2007) persamaan reaksi tersebut terlihat bahwa pada reaksi kimia pembentukan senyawa geopolimer juga menghasilkan air yang dikeluarkan selama proses *curing*”. Tidak seperti reaksi hidrasi yang biasanya terjadi pada semen *pozzolan*, geopolimer tidak membentuk *calcium silicate-hydrate* (CSHs) untuk membentuk matrix kekuatan, tetapi menggunakan polikondensasi dari silika dan alumina sebagai proses kimia dengan menggunakan kandungan alkali yang tinggi untuk bisa mencapai kekuatan struktur. Oleh karena itu geopolimer dapat dikatakan sebagai binder alkali (pengikat) yang diaktifkan dengan alumino silikat (Davidovits, 2008). Selain tidak menghasilkan emisi gas CO<sub>2</sub> seperti pada pembuatan semen portland (Malhotra, 1999), beton geopolimer memiliki keunggulan tahan terhadap lingkungan

korosif, serta daya tahan yang impresif (Tajunnisa dkk, 2016).

## **2.2 Admixture**

### **2.2.1 Pengertian Admixture**

*Admixture* (bahan tambah) adalah didefinisikan sebagai material selain air, agregat, semen yang digunakan dalam campuran beton atau mortar, yang ditambahkan dalam adukan segera sebelum atau selama pengadukan dilakukan dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. (Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton, SK SNI S-18-1990-03). Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat agar cocok untuk pekerjaan tertentu, ekonomis atau untuk tujuan lain seperti menghemat energi (Nawy, 1990). Beberapa tujuan dari penggunaan bahan aditif kimia (*admixture*) menurut Manual of Concrete Practice (ACI 212 IR-81) antara lain:

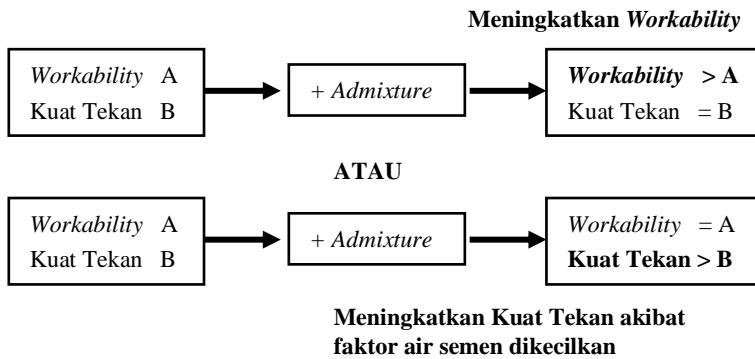
- a). Memperlambat atau mempercepat waktu pengikatan awal dari campuran beton.
- b). Mengurangi segregasi dan *bleeding*.
- c). Mengurangi kehilangan nilai slump.
- d). Menambah sifat kemudahan untuk dikerjakan tanpa menambah air.
- e). Menambah keawetan beton, termasuk tahan terhadap garam-garam sulfat.
- f). Mengurangi kapasitas dari air untuk beton kedap air.
- g). Menghasilkan struktur beton yang baik tidak keropos.
- h). Menambah kekuatan ikatan dengan tulangan.

### **2.2.2 Jenis jenis Admixture**

Menurut ASTM C 494-81 “Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete”. Definisi type dan jenis bahan tambahan kimia tersebut dapat diterangkan sebagai berikut :

- a) Type A: Water Reducing Admixture, adalah bahan tambahan yang bersifat mengurangi jumlah air pencampuran beton untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu.

- b) Type B: Retarding Admixture, adalah bahan tambahan yang berfungsi menghambat pengikatan beton.
- c) Type C: Accelerating Admixture, adalah bahan tambahan berfungsi mempercepat pengikatan dan pengembangan kekuatan awal beton.
- d) Type D: Water Reducing and Retarding Admixture, adalah bahan tambahan berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan beton.
- e) Type E: Water Reducing and Accelerating Admixture, adalah bahan tambahan berfungsi ganda untuk mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan beton.
- f) Type F: Water Reducing and High Range Admixture (*Superplasticizer*), adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12%.



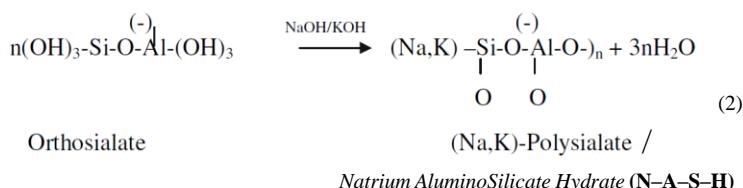
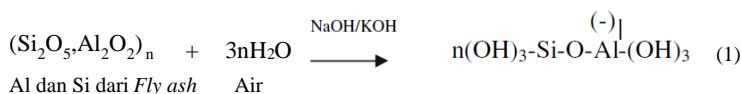
**Gambar 2.3** Pengaruh penambahan *admixture* pada beton (Bayu Aji, “Materi 5 Admixture”)

g) Type G : Water Reducing, High Range and Retarding Admixture, adalah bahan tambahan yang berfungsi mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu sebanyak 12% atau lebih dan juga menghambat pengikatan beton.

### 2.2.3 Mekanisme Polimerisasi pada Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly ash Tipe C

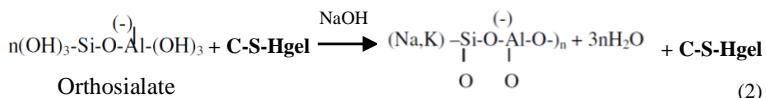
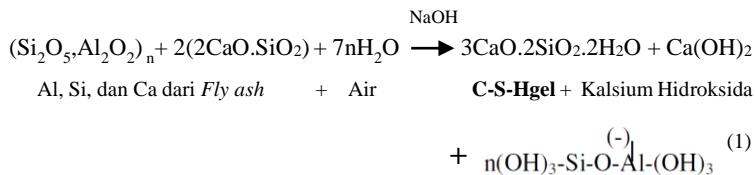
'Fly ash yang digunakan pada penelitian ini adalah fly ash tipe C (*high calcium fly ash*). Berbeda dengan beton geopolimer berbasis fly ash tipe F, beton geopolimer dengan bahan pengikat limbah fly ash tipe C mempunyai sifat kekentalan yang kaku karena terdapat kandungan kalsium (CaO) didalamnya, yang menyebabkan selain reaksi polimerisasi juga terjadi reaksi hidrasi (Wang, 2006 dan Roberts dkk 2017). Perbedaan proses polimerisasi dari dua jenis fly ash (tipe F dan tipe C) dapat dilihat pada gambar 2.4 dan 2.5.

#### *Class F Fly ash (low calcium fly ash) based geopolymers*



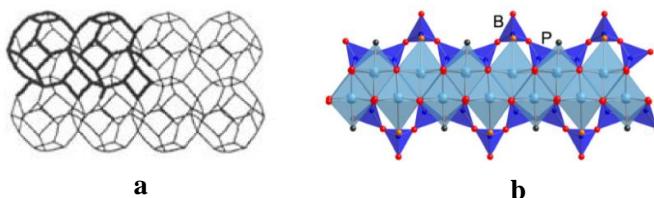
**Gambar 2.4** Proses Polimerisasi pada beton geopolimer berbahan dasar fly ash tipe F (Khale dkk, 2007)

**Class C Fly ash (high calcium fly ash) based geopolymers**



*Natrium Aluminosilicate Hydrate (N-A-S-H)  
+ calcium silicate-hydrate (C-S-H)*

**Gambar 2.5** (a) Proses Polimerisasi pada beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* tipe C (Khale dkk, 2007 dan Widojoko, 2010)



**Gambar 2.6** (a) Bentuk Struktur Molekul N-A-S-H (*pseudo-zeolitic structure*) (b) Bentuk Struktur Molekul C-S-H/C-A-S-H (*tobermorite structure*) (Khale dkk, 2007 dan Richardson, 2008)

Gambar 2.4 menunjukkan bahwa beton geopolimer yang menggunakan bahan dasar *fly ash* tipe F (*low calcium fly ash*) menghasilkan produk beton geopolimer dengan ikatan *natrium aluminosilicate* (N-A-S-H). Sedangkan beton geopolimer yang menggunakan bahan dasar *fly ash* tipe C (*high calcium fly ash*) (gambar 2.5) menghasilkan produk beton geopolimer dengan ikatan *natrium aluminosilicate* (N-A-S-H) dan *calcium aluminosilicate-hydrate* (C-A-S-H)/(C-S-H). Struktur nano

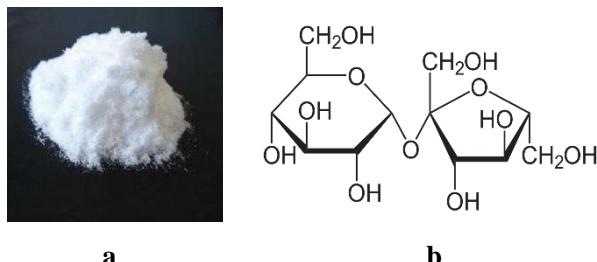
geopolimer sangat bergantung pada kandungan kalsium prekursor yang tersedia (Ali dkk, 2016), karena pada sistem kalsium tinggi (*fly ash* tipe C) gel N-A-S-H dan gel C-A-S-H bereaksi berdampingan (S.A. Bernal dkk, (2011) dan C.K. Yip dkk, (2005)). Jika semakin banyak kandungan CaO pada sebuah *fly ash*, maka gel C-A-S-H semakin mendominasi (Ali dkk, 2016). Fase C-A-S-H inilah yang menyebabkan beton geopolimer mengalami *flash setting* (Antoni dkk, 2016) seiring dengan bertambahnya kandungan CaO didalamnya, tentu saja hal ini sangat mengganggu dalam proses geopolimerisasi (Kusbiantoro dkk, 2013). Namun gel/fase C-A-S-H ini juga memiliki peran penting dalam peningkatan kuat tekan beton geopolimer (Singh dkk, (2015) dan Guo dkk, (2010)). Beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* tipe F sifat mekanis yang hampir sama dengan semen Portland (Hardjito dan Rangan, 2005). Namun hal tersebut bertentangan dengan penelitian oleh Kusbiantoro (2013) karena jika sifat mekanisnya sama dengan semen Portland, maka seharusnya pemberian *admixture* berpengaruh pada *properties* beton geopolymers.

#### **2.2.4 Mekanisme *admixture* pada Beton Geopolimer Berbahan Dasar *Fly ash* Tipe C**

Gel/fase C-A-S-H yang menyebabkan beton geopolimer mengalami *flash setting* (Antoni dkk, 2016). Hal itu mengakibatkan beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* tipe C sulit untuk dikerjakan/memiliki *workability* rendah, yang ditandai dengan kecilnya nilai *slump*. Penambahan *admixture* alami seperti  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  pada alkalinitas rendah mengurangi pembentukan gel C-A-S-H, namun dapat mengurangi kuat tekan beton geopolimer tersebut (C.K. Yip dkk, 2008). Laju disolusi ion kalsium yang lambat pada pH rendah dapat meningkatkan kuat tekan beton geopolimer berbasis *high calcium fly ash* (*fly ash* tipe C) (Puligilla S dkk (2013) dan Chindaprasirt dkk (2012)). Hal itu menunjukkan bahwa C-A-S-H tetap berkontribusi dalam kuat tekan beton berbasis *fly ash* tipe C, sehingga pembentukan gel C-A-S-H tidak perlu

dihilangkan pada sistem polimerisasi, pembentukan gel/fase C-A-S-H hanya perlu diperlambat. Melambatnya pembentukan C-A-S-H juga pasti akan mengurangi *flash setting* yang terjadi sehingga *workability* beton geopolimer berbasis *high calcium fly ash* (*fly ash* tipe C) meningkat.

Penelitian terhadap penambahan *admixture* berbasis *superplasticizer* pada beton geopolimer untuk meningkatkan *workability* telah dilakukan, namun tidak menghasilkan hasil yang signifikan (Kusbiantoro dkk, 2013). Namun pendapat berbeda bahwa *Sodium naphthalene formaldehyde sulphonate* (Behzad dkk, 2014) dan *polycarboxylate* (Jang JG dkk, 2014) hanya efektif meningkatkan workabilitas dan properties dari beton geopolimer berbasis *low calcium fly ash* (*fly ash* tipe F). Sehingga *superplastizicer* tersebut tidak bisa diterapkan pada *high calcium fly ash* (*fly ash* tipe C) karena memiliki sifat mekanis yang berbeda. Limbah *sandblasting* juga pernah digunakan sebagai *admixture* pada beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* tipe C, namun limbah *sandblasting* memiliki efek negatif terhadap kuat tekan (Tajunnisa, 2019). Peningkatan *workability* dapat dilakukan dengan menambahkan air (Ali dkk, 2016), namun tentu saja hal tersebut menurunkan kuat tekan karena penambahan air menyebabkan penurunan konsentrasi Alkali aktivator (Rattanasak, 2011). Sehingga, *admixture* yang tepat untuk beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* tipe C yang bertujuan untuk meningkatkan *workability* adalah *superplasticizer* sekaligus memiliki efek *retarding*. Karena penyebab utama rendahnya *workability* pada *fly ash* tipe C adalah *flash setting* akibat kandungan CaO, yang menyebabkan gel/fase C-A-S-H terbentuk terlalu cepat. Jenis *admixture* berbasis *superplasticizer* serta bersifat *retarding* yaitu sukrosa. Sukrosa dapat memperpanjang *final setting time* pasta secara signifikan. Hal ini disebabkan karena sukrosa dapat menutup partikel *fly ash* dari larutan alkali (Rattanasak, Pankhet, & Chindaprasirt, 2011). Sehingga sukrosa dapat memperlambat pembentukan gel C-A-S-H serta meningkatkan *workability*.



**Gambar 2.7** (a) Sukrosa (b) Rumus Kimia Sukrosa

Untuk dosis pemberian *admixture*, (Hardjito dkk, 2004) menyebutkan pemberian *admixture* berbasis *superplasticizer* yang efektif untuk meningkatkan *workability* dengan rentang 0,8%-2%. Karena penambahan *admixture* juga dapat mempengaruhi perilaku alkali aktivator pada proses pengikatan beton geopolimer (P. Pavithra dkk,(2016)), sehingga harus dibatasi pemberiannya. Marthin D. J. Sumajouw, 2014. menyebutkan pemberian *admixture* yang optimal adalah 0,2%-2%. Kuat tekan terbesar dengan *workability* tinggi diperoleh pada saat campuran beton geopolimer menggunakan *admixture* 0,5% yaitu sebesar 14,28 MPa. Tanakorn Phoo-ngernkham, (2018) menyebutkan beton geopolimer dengan bahan dasar *fly ash* tipe C dapat mencapai *workability* tinggi ( $\pm 20$  cm) dengan kuat tekan sebesar 15 – 35 MPa dengan tambahan *admixture* sebesar 1% dengan pencampuran metode basah. Pemberian sukrosa yang berlebihan (sebanyak 2%) dapat mengakibatkan penurunan kuat tekan pada beton geopolimer (Kusbiantoro dkk, 2013). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan *admixture* dengan variasi:

**Tabel 2.1** Variasi admixture yang akan digunakan

Variasi Admixture	Persentase dari Binder
V.Kontrol	0%
V.1	0.5 %
V.2	1%
V.3	1.5 %

## 2.3 Material Penyusun

### 2.3.1 Fly ash

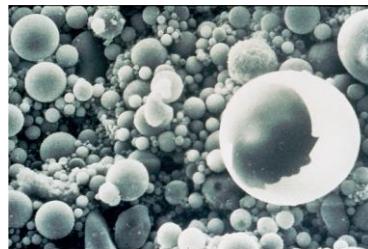
*Fly ash* merupakan partikel halus yang dihasilkan dari proses pembakaran batu bara (Tikasalsky et al., 2002). Partikel *fly ash* berbentuk bulat, lebih halus dari semen *portland* dan kapur, memiliki dimeter antara kurang dari 1  $\mu\text{m}$  sampai 150  $\mu\text{m}$ . *Fly ash* terutama terdiri atas senyawa *silicate glass* yang mengandung silika (Si), alumina (Al), ferrum (fe), dan kalsium (Ca). Kandungan kecil senyawa lain yang terdapat dalam *fly ash* adalah magnesium (Mg), sulfur (S), sodium (Na), potassium (P), dan karbon (C).

*Fly ash* ini merupakan material yang bersifat *pozzolan*. Sifat inilah yang membuat *fly ash* dapat bereaksi dengan senyawa alkali dan dapat digunakan sebagai pengganti semen dalam proses pembuatan beton (Hardjito, 2005). Menurut SNI 03-6414-2002, *Fly Ash* didefinisikan sebagai limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozolanik. Selain itu, *Fly ash* dikategorikan sebagai limbah B3, yaitu limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (Peraturan Pemerintah No. 101, 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun).

Beberapa sifat atau karakter dari *fly ash* yang diharapkan untuk dimanfaatkan dan memberikan kelebihan bagi beton geopolimer, adalah :

- a. *Spherical shape* (bentuk partikel yang hampir bulat sempurna), yang menghasilkan ball bearing effect untuk "melumasi" adukan pasta dan mortar semen sehingga mempunyai kemampuan alir (flowability) dan workability yang lebih baik.
- b. Ukuran partikel yang sangat halus, yang membuat *fly ash* mampu mengisi celah kecil dalam komposisi adukan beton, sehingga meningkatkan kepadatan beton sehingga lebih impermeable (kedap air), lebih tahan terhadap abrasi, dan memperkecil susut beton.

- c. Dalam kadar tertentu, fly ash membantu meningkatkan ketahanan terhadap sulfat dan garam alkali.



**Gambar 2.8 Micrograph Fly Ash Particles**

*Fly ash* digolongkan menurut kandungan senyawa kimia yang terkandung didalamnya, seperti  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , kadar  $\text{CaO}$  (High Calcium or Low Calcium), dan kadar karbon (High Carbon or Low Carbon). Berdasarkan penggolongan tersebut didapat *fly ash* yang dapat digunakan untuk campuran pengganti atau sebagian semen dalam beton diatur dalam ACI Manual of Concrete Practice 1993 Part 1 226.3R-3 dan ASTM C 618 (*Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete*) dibagi menjadi 3 kelas, yaitu :

a) *Fly ash* Kelas C

1. *Fly ash* yang mengandung  $\text{CaO}$  lebih dari 10%, dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub bitumen batubara.
2. Kadar  $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) > 50\%$
3. Kadar  $\text{Na}_2\text{O}$  mencapai 10%
4. Kadar karbon (C) berkisar antara 2%
5. Oleh karena *fly ash* tipe C mengandung kadar  $\text{CaO}$  yang cukup tinggi dan mempunyai sifat cementitious, jika terkena air atau kelembaban,

akan berhidrasi dan mengeras dalam waktu sekitar 45 menit.

b) *Fly ash* Kelas F

1. *Fly ash* yang mengandung CaO kurang dari 10%, dihasilkan dari pembakaran anthracite atau bitumen batubara.
2. Kadar ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) > 70%
3. Kadar  $\text{Na}_2\text{O} < 5\%$
4. Kadar karbon (C) berkisar antara 5% - 10%
5. Fly ash kelas F disebut juga ***low-calcium fly ash***, yang tidak memiliki sifat cementitious dan bersifat pozolanic.

c) *Fly ash* Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomic, opaline chertz, shales, tuff dan abu vulkanik, yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran. Selain itu juga mempunyai sifat pozzolan yang baik. Memiliki kadar ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) > 70%.



a



b

**Gambar 2.9** *Fly ash*; (a) *fly ash* kelas C (b) *fly ash* kelas F

*Fly ash* tipe F memiliki *setting time* yang lama sehingga pemberian *admixture* justru bertujuan untuk mempercepat *setting time*. *Ground granulated blast furnace slag* (GGBFS) dan *micro-silica* dipilih untuk mempercepat *setting time* dan meningkatkan performa pada beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* tipe F (Tajunnisa dkk, 2017). (GGBFS) dan *micro-silica* untuk *fly ash* tipe F sebaiknya dikombinasikan agar performa beton geopolimer meningkat dan meminimalisir dampak negatif dari pemberian *admixture* tersebut (Tajunnisa dkk, 2017). Berbeda dengan *fly ash* tipe F, *fly ash* tipe C memiliki reaksi hidrasi (akibat kandungan CaO) yang menghasilkan panas sehingga terjadi *flash setting* (*setting time* yang cepat) (Antoni dkk, 2016), sehingga pemberian *admixture* diperlukan. Limbah *sandblasting* pernah digunakan sebagai *admixture* pada beton geopolimer dengan pengikat *fly ash* tipe C, namun limbah *sandblasting* dapat mengurangi kuat tekan beton geopolimer tersebut (Tajunnisa dkk, 2019).

### Karakteristik *Fly Ash*

#### a. Karakteristik Kimia *Fly Ash*

**Tabel 2.2** Tabel Komposisi Kimia *Fly Ash* Tipe C (PLTU Paiton)

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji <i>Fly Ash</i> PLTU Paiton
1.	Berat Jenis	g / cm <sup>3</sup>	2.51
2.	SiO <sub>2</sub>	% berat	34.97
5.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% berat	14.23
6.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% berat	20.05
7.	CaO	% berat	13.92
8.	SO <sub>3</sub>	% berat	7.49
9.	SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% berat	69.25

(Sumber: Pridana, 2012)

**Tabel 2.3** Tabel Persyaratan Kandungan Kimia Fly Ash

Senyawa	Kelas Campuran Mineral		
	F (%)	N (%)	C (%)
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	70	70	50
$\text{SO}_3$	4	5	5
Moisture content	3	3	3
Loss of Ignition	10	6	6
Alkali $\text{Na}_2\text{O}$	1.5	1.5	1.5

(Sumber: ASTM C 618-96 Vol. 04.02)

b. Karakteristik Fisik *Fly Ash*

Sifat fisik *fly ash* menurut (*ACI Manual of Concrete Practice 1993 Parts I 226.3R-6*) adalah

1. *Specific gravity* 2.2 – 2.8
2. Ukuran  $\phi$  1 mikron -  $\phi$  1 mm dengan kehalusan 70% - 80% lolos saringan no.200 (75 mikron)
3. Kehalusan :
 

% tertahan ayakan 0.075 mm	: 3.5
% tertahan ayakan 0.045 mm	: 19.3
% sampai ke dasar	: 77.2

**Tabel 2.4** Tabel Susunan Sifat Fisik *Fly Ash*

No.	Uraian	Kelas F (%)	Kelas C (%)
1.	Kehalusan sisa di atas ayakan 45 $\mu\text{m}$	34.0	34.0
2.	Indeks keaktifan pozolan dengan PC (kelas I) pada umur 28 hari	75.0	75.0
3.	Air	105.0	105.0
4.	Pengembangan dengan <i>Autoclave</i>	0.8	0.8

(Sumber: ASTM C 618 – 91)

**Tabel 2.5** Tabel Persyaratan Fisik *Fly Ash*

No.	Persyaratan Fisika	Kelas Campuran Mineral		
		F (%)	N (%)	C (%)
1.	Jumlah yang tertahan ayakan 45 $\mu\text{m}$ (ro.325)	34	34	34
2.	Indeks aktivitas kekuatan :			
	Dengan semen umur 7 hari	75	75	75
	Dengan semen umur 28 hari	75	75	75
3.	Kebutuhan air	115	105	105
4.	<i>Autoclave ekspansion</i> atau <i>Contraction</i>	0.8	0.8	0.8
5.	<i>Density</i>	5	5	5
6.	% tertahan ayakan 45 $\mu\text{m}$	5	5	5

(Sumber: ASTM C 618 – 96 volume 04.02)

Perbedaan karakteristik dan sifat fisiko-kimia inilah yang mempengaruhi proses geopolimerisasi *fly ash* sehingga proses ini berlangsung secara unik dan belum ada pedoman yang bersifat generik untuk menentukan parameter proses yang paling sesuai bagi *fly ash* (H. Fansuri et al.) Meskipun tipe *fly ash* yang digunakan itu sama, belum tentu senyawa yang terkandung didalamnya itu sama (Tajunnisa dkk, 2017). *Fly ash* tipe C yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan high-calcium *fly ash* yang memiliki sifat *pozzolan* dan sifat *cementitious* (ASTM C 618, 2010) dengan kadar CaO yang lebih besar dari 10% tergolong jarang digunakan dalam campuran geopolimer pembuatan beton.

Campuran beton geopolimer dengan bahan pengikat limbah *fly ash* tipe C mempunyai sifat kekentalan yang kaku karena terdapat kandungan kalsium (CaO) didalamnya, yang menyebabkan selain reaksi polimerisasi

juga terjadi reaksi hidrasi (Wang, 2006 dan Roberts dkk 2017). Mekanisme yang menyebabkan semakin tinggi kadar CaO semakin cepatnya *setting time* dikarenakan semakin tinggi kadar CaO, maka fasa amorf semakin tinggi. Sehingga semakin tinggi fasa amorf, maka laju reaksi pozzolanik semakin cepat (Wiwik Dwi Pratiwi, 2019). Reaksi tersebut menyebabkan beton geopolimer mengalami *flash setting* (Antoni dkk, 2016). Hal ini menyebabkan *workability* atau kemudahan penggerjaan beton menurun.

### 2.3.2 Alkali Aktivator

Alkali aktivator memiliki fungsi dalam menghasilkan geopolimerisasi dan meningkatkan laju reaksi. NaOH biasa digunakan sebagai alkali aktivator karena murah, memiliki viskositas rendah, dan tersedia dalam jumlah banyak. Selain itu, ion OH<sup>-</sup> di dalam NaOH merupakan elemen penting dalam proses geopolimerisasi. Ion ini sangat penting dalam meningkatkan laju reaksi dari penguraian ikatan alumina dan silika (Arjunan P, dkk, 2001).

Natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) tersedia dalam bentuk cair dan bubuk. Material ini memiliki viskositas tinggi yang mempengaruhi penggerjaan campuran geopolimer. Sodium silikat dalam sistem geopolimer tidak hanya berguna untuk meningkatkan kekuatan pasta tetapi juga digunakan untuk mengikat material sampai terbentuk pasta padat (Jo, dkk, 2007). Molaritas aktifator NaOH sangat berpengaruh pada kuat mekanikbeton geopolimer, dimana semakin tinggi molaritas NaOH semakin tinggi kuat mekanik beton geopolimer. Selain itu perbandingan rasio aktifator  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  juga memberi pengaruh terhadap beton geopolimer. Namun semakin tinggi perbandingan rasio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$  tidak selalu menghasilkan kuat tekan yang tinggi. (Ekaputri dan Triwulan 2014).

Alkali silikat harus dikombinasikan dengan alkali hidroksida, dikarenakan sifat reaksinya yang perlahan, sehingga kekuatan bahan pengikat geopolimer menjadi rendah (Criado et al, 2010; Palomo et al, 1999). Begitu juga sebaliknya, apabila alkali hidroksida saja yang digunakan, maka mutu yang dicapai lebih rendah jika dibandingkan dengan kombinasi keduanya yang dapat mencapai mutu kuat tekan 40-90 MPa (Nez & Palomo, 2003; Fernandez dkk, 2005).



**Gambar 2.10** Alkali Aktivator; (a) Sodium Silikat (b) Sodium Hidroksida

### 2.3.3 Agregat

Agregat Menurut Tjokrodimuljo (2007) Agregat yang dipakai dalam pembuatan beton harus bersih dari kotoran karena berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Kandungan lumpur yang lebih dari 2,5% pada agregat halus maka harus dicuci terlebih dahulu. Pada agregat kasar kandungan lumpurnya tidak boleh lebih dari 1%. Penyerapan air pada agregat kasar maksimal 3% (ASTM C-33). Keausan pada agregat kasar dengan mesin los angeles 500 putaran : (SNI 03 – 2471 – 1991)

Bagian yang hancur < 1,7 mm :

- Beton Mutu Rendah ( $\leq 20$  MPa) : Maksimal 30%
- Beton Mutu Sedang ( $20 - 40$  MPa) : Maksimal 22%
- Beton Mutu Tinggi ( $>40$  MPa) : Maksimal 14%

Pemilihan agregat yang digunakan dalam pencampuran beton dalam keadaan jenuh kering muka. Hal ini disebabkan karena keadaan jenuh kering muka merupakan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah maupun mengurangi air dari pastanya, selain itu kadar air di lapangan lebih banyak yang mendekati keadaan SSD daripada yang kering tungku.



a



b

**Gambar 2.11** Agregat; (a) Agregat Halus  
(b) Agregat Kasar

### 2.3.4 Air

Air merupakan salah satu bahan dasar dalam pembuatan beton yang memiliki harga paling murah diantara bahan yang lain. Penggunaan air yang terlalu banyak mengakibatkan penurunan kuat tekan beton. Hal ini disebabkan karena pada saat beton sudah kering ruang yang diisi oleh air akan membentuk pori sehingga beton menjadi berpori dan berdampak pada kuat tekan beton.

Persyaratan Air untuk campuran beton (SNI 03-6861.1-2002):

- a. Harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual
- b. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter
- c. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton (asam-asam, zat organik dsb) lebih dari 15 gram/liter.
- d. Kandungan khlorida ( $\text{Cl}$ )  $< 0,50$  gram/liter, dan senyawa sulfat  $< 1$  gram/liter sebagai  $\text{SO}_3$

## **2.4 Curing**

Perawatan ini dilakukan setelah lebih dari 24 jam, minimal selama 3 hari, untuk mencegah penguapan air yang berlebihan pada beton. Beton geopolimer sendiri sangat lemah terhadap *drying shrinkage*, yang salah satu penyebabnya adalah *curing* yang dilakukan (Tajunnisa dkk (2019)). Metode *curing* yang dipilih yaitu *Ambient Curing*. *Curing* ini dilakukan dengan cara meletakkan sampel beton pada suhu ruangan agar tidak terpengaruh suhu luar. *Curing* dengan suhu ruang dipilih, karena akan diaplikasikan secara luas seperti pada konstruksi insitu dan precast tanpa proses penambahan temperature tinggi untuk teknologi steam. Umur perawatan ini mengacu pada standart ASTM C 39-40 dan AASHTO T22-151.

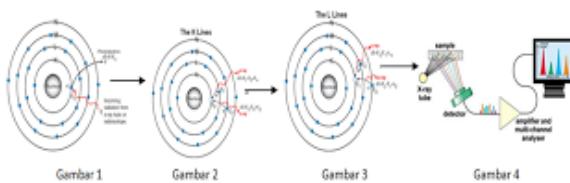
## **2.5 Pengujian pada Material Penyusun Beton Geopolimer**

### **2.5.1 XRF (X-Ray Fluorescence)**

XRF bertujuan untuk mengetahui secara kualitatif kandungan unsur suatu material (Karyasa, 2013). Metode XRF secara luas digunakan untuk menentukan komposisi unsur suatu material, karena metode ini cepat dan tidak merusak sampel. Metode ini dipilih untuk aplikasi di lapangan dan industri untuk kontrol material. Tergantung pada penggunaannya, XRF dapat dihasilkan tidak hanya oleh sinar

X tetapi juga sumber eksitasi primer yang lain seperti partikel alfa, proton atau sumber elektron dengan energy yang tinggi. Apabila terjadi eksitasi sinar X primer yang berasal dari tabung X ray atau sumber radioaktif mengenai sampel, sinar X dapat diabsorpsi atau dihamburkan oleh material.

Pengujian XRF pada beton geopolimer digunakan untuk menganalisis kandungan unsur material yang berperan sebagai *binder*, seperti: Fly Ash, Kaolin, Blast Furnace Slag, dan material sejenis lainnya. Untuk geopolimer berbasis Fly Ash, hasil pengujian XRF digunakan untuk menentukan tipe Fly Ash *Low Calcium* (*class F*) atau *High Calcium* (*class C*).



**Gambar 2.12** Cara Kerja Uji XRF

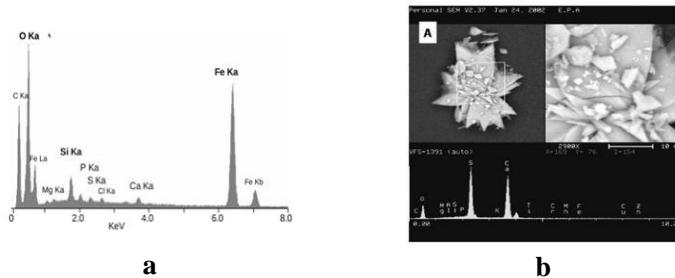
### 2.5.2 XRD (X-Ray Diffraction)

XRD bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan mineral maupun senyawa, seperti: Quartz, Mulite, Kaolinit dan mineral lainnya. Mineral Quartz dan Mulite merupakan mineral yang banyak ditemukan dalam *Fly ash* Tipe F (Abdullah et al, 2013). Sementara dalam Tipe C mengandung: Quartz, Periclas, Anyhydrite, Lime C3A dan C4A3S (Tishmack, 1999).

### 2.5.3 SEM-EDX

SEM (*Scanning Electron Microscope*) merupakan perangkat alat yang digunakan untuk mengetahui karakterisasi material yang heterogen pada permukaan bahan pada skala micrometer dan submikrometer, yang dirangkaikan dengan EDX (*Energy Dispersive Spectrometer*). Pada uji SEM dapat diamati karakteristik bentuk, struktur serta distribusi pori pada permukaan bahan, sedangkan komposisi serta kadar unsur yang terkandung dalam sampel dianalisis dengan menggunakan EDX.

Pengukuran SEM-EDX menganalisis sampel dengan menggunakan analisis area, dan terjadi interaksi pada sampel yang disinari. Interaksi ini berupa energi pancaran elektron dalam bentuk sinar X yang kemudian akan dideteksi dan dihitung oleh *energy-dispersive spectrometer* (EDX) dan akan dihasilkan keluaran berupa grafik puncak-puncak tertentu yang mewakili unsur yang terkandung (Junhao Zhang dkk, 2007) dan hasil Analisa sinar-X yang diemisikan oleh material tersebut sebagai respon terhadap tumbukan dari partikel bermuatan. Selanjutnya akan terdeteksi dan diubah kedalam sebuah gambar oleh analisis SEM dan kedalam bentuk grafik oleh analisis EDX (Prasetyo, 2011).



**Gambar 2.13** Pengujian SEM-EDX; (a) Grafik Hasil Uji EDX (b) Hasil Uji SEM-EDX

### **2.5.4 Berat jenis Agregat Halus (ASTM C128/SNI-1969-2008) Agregat Kasar (ASTM C127/SNI-1970-2008)**

Berat jenis agregat adalah rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama pada suhu yang sama. Sedangkan penyerapan adalah kemampuan agregat untuk menyerap air dalam kondisi kering sampai dengan kondisi jenuh permukaan kering (SSD = Saturated Surface Dry).

Berat jenis digunakan untuk menentukan volume yang diisi oleh agregat. Berat jenis dari agregat pada akhirnya akan menentukan berat jenis dari beton sehingga secara langsung menentukan banyaknya campuran agregat dalam campuran beton.

### **2.5.5 Analisis Gradasi Agregat Halus dan Kasar (ASTM C-136)**

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan gradasi butiran agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang sama (seragam), maka volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi akan terjadi volume pori akan kecil. Hal ini karena butiran yang kecil akan mengisi pori diantara butiran yang lebih besar. Sehingga pori – porinya menjadi sedikit, dengan kata lain kemampatanya tinggi.

Kekasaran agregat halus (pasir) dikelompokkan menjadi 4 Zona, yaitu:

- Zona 1: Pasir Kasar
- Zona 2: Pasir Agak Kasar
- Zona 3: Pasir Agak Halus
- Zona 4: Pasir Halus

Sementara untuk agregat kasar (kerikil) dikelompokkan menjadi 3 Zona, yaitu:

- Zona maks 40 mm: Kerikil Kasar

- Zona maks 20 mm: Kerikil Sedang
- Zona maks 10 mm: Kerikil Halus

Selanjutnya untuk mengetahui modulus kehalusan agregat (*Fines Modulus*) grafik hasil analisa agregat nantinya akan diplotkan pada grafik analisa ayakan kemudian akan diketahui berapa nilai FM agregat.

### **2.5.6 Uji Keausan Agregat (SNI-2417-2008)**

Ketahanan agregat terhadap keausan akibat pengikisan dapat diketahui melalui percobaan labolatorium dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Jika nilai abrasinya besar maka agregat yang berada didalam mesin mix akan mengalami pecah, sehingga dapat menyebabkan penurunan mutu (*degradation*).

## **2.6 Pengujian Pada Beton**

### **2.6.1 Uji Slump**

Metode pengujian untuk mengukur *workability* atau kemudahan penggerjaan pada suatu beton segar yaitu dengan pengujian slump. Standar pengujian slump mengacu pada ASTM C 143M-03. Pengujian slump menggunakan alat cetakan slump yang berbentuk tabung kerucut slump. Hasil nilai slump dapat dikorelasikan terhadap nilai kuat tekan benda uji beton. Metode pengujian dengan *slump test* merupakan metode yang simpel, cepat dan mudah untuk dilakukan di lapangan.

### **2.6.2 Kuat Tekan**

Kuat tekan adalah besarnya beban per-satuan luas yang menyebabkan benda uji hancur apabila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji tekan (ASTM C-39, 2002). Menghitung hasil uji kuat tekan beton dengan rumus sebagai berikut:

- Kuat Tekan Individu  

$$fci = \frac{P}{A}$$
- Kuat Tekan Rata-rata:

$$fcr = \sum_{i=1}^n fci \div n$$

Dimana:

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji ( $\text{cm}^2$ )

Fci = Kuat tekan hasil pengujian ( $\text{kg/cm}^2$ )

Fcr = Kuat tekan rata-rata ( $\text{kg/cm}^2$ )

n = Jumlah benda uji

Kemudian dihitung pula standard deviasi pada hasil kuat tekan yaitu dengan rumus sebagai berikut:

- Standar deviasi:

$$s = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n(n-1)}}$$

Dimana:

$x_i$  = nilai x ke-i

n = jumlah sampel

**Tabel 2.6** Klasifikasi Standar Deviasi

<b>Standar Deviasi (Mpa)</b>		<b>Kovarian (100%)</b>		<b>Kontrol Kualitas</b>
<b>Kelas</b>		Lapangan	Laboratorium	
Lapangan	Laboratorium	Lapangan	Laboratorium	
< 2.8	< 1.4	< 9.3	< 4.67	Istimewa
2.8 - 3.5	1.4 - 1.7	9.33 - 11.67	4.67 - 5.67	Sangat Baik
3.5 - 4.2	1.7 - 2.1	11.67 - 14.00	5.67 - 7.00	Baik
4.2 - 4.9	2.1 - 2.4	14.00 - 16.33	7.00 - 8.00	Cukup
> 4.9	> 2.4	> 16.33	> 8.00	Kurang

(Sumber: SNI 03-6185-2002)

### 2.6.3 Uji Resistivity

Uji *Resistivity* bertujuan untuk memperkirakan kemungkinan atau mengetahui ketahanan korosi pada elemen beton. Standart yang digunakan dalam praktikum ini adalah AASHTO T358. Korosi yang terjadi pada beton disebabkan proses kimia yang terjadi di dalam beton. Korosi pada beton terjadi akibat terbentuknya ettringite akibat reaksi kimia antara unsur kalsium di dalam beton dengan garam sulfat dari luar. Korosi ini menyebabkan pengembangan volume beton sehingga menyebabkan massa beton terdesak dan pecah. Struktur beton yang rentan terhadap korosi adalah:

- a. Struktur yang terletak di lingkungan laut, seperti platform offshore, dermaga, jetty, trestle, dsb.
- b. Struktur yang terletak di dalam tanah, seperti pondasi, basement, terowongan, dsb.
- c. Struktur yang terletak di lingkungan karbondioksida yang tinggi.

**Tabel 2.7** Tingkat korosi uji resistivity

$\geq 100 \text{ k}\Omega\text{cm}$	korosi dapat diabaikan
50 - 100 $\text{k}\Omega\text{cm}$	resiko korosi rendah
10 - 50 $\text{k}\Omega\text{cm}$	resiko korosi sedang
$\leq 10 \text{ k}\Omega\text{cm}$	resiko korosi tinggi

### 2.6.4 Uji Permeabilitas

Daya tahan struktur beton di bawah pengaruh lingkungan yang agresif pada dasarnya tergantung pada kualitas dari lapisan permukaan yang relatif tipis (20 - 50 mm). Lapisan ini dimaksudkan untuk melindungi tulangan dari korosi yang mungkin terjadi sebagai akibat masuknya klorida sehingga membentuk pori beton atau efek kimia lainnya. Metode yang bisa digunakan untuk

mengkarakterisasi struktur pori beton dan menghubungkannya dengan daya tahan adalah *permeability* beton baik terhadap udara dan air merupakan ukuran yang sangat baik untuk ketahanan beton terhadap masuknya media yang agresif dalam gas atau dalam keadaan cair dan dengan demikian merupakan ukuran daya tahan potensi beton tertentu.

Tes Permeability yang digunakan tes permeability udara memungkinkan pengukuran cepat dan tidak merusak dari kualitas permukaan beton dan daya tahan beton tersebut.

Metodologi tes permeability beton akan diletakkan di bawah vakum. Fitur penting dari metode pengukuran adalah sel vakum dua ruang dan regulator tekanan yang menjamin aliran udara pada sudut kanan ke permukaan dan ke ruang dalam. permukaan kering tanpa retak harus dipilih untuk pengujian. Kelas kualitas permukaan beton kering ditentukan dari  $kT$  menggunakan Tabel 2.7.

**Tabel 2.8** Klasifikasi kualitas beton berdasarkan koef.permeabilitas

Kualitas Beton	Indeks	$kT (10^{-16}m^2)$
Sangat Jelek	5	>10
Jelek	4	1,0 - 10
Normal	3	0,1 – 1,0
Baik	2	0,01 – 0,1
Sangat Baik	1	< 0,01

### 2.6.5 Uji Porosity

*Porosity* didefinisikan sebagai perbandingan volume pori (Volume yang ditempati oleh fluida) terhadap volume total benda uji. Range pori pada umumnya terjadi akibat kesalahan dalam pelaksanaan dan pengecoran seperti faktor air semen yang berpengaruh pada lekatkan antara pasta semen. Pengujian porositas bertujuan untuk mengetahui besarnya porositas pada benda uji beton sehingga dapat dikorelasikan hubungan antara nilai porositas terhadap nilai

kuat tekan benda uji beton. Standar pengujian porositas mengacu pada ASTM C 642-06,1991.

## 2.7 Konversi campuran basah ke campuran kering

Konversi ke metode kering bertujuan untuk mempermudah pembuatan beton geopolimer, karena padatan NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 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 aktuator) dan bahan pozzolan. Konversi campuran basah ke campuran kering (Yasin, 2017), sebagai berikut:

1). Menyajikan notasi dan spesifikasi masing-masing komposisi pada beton geopolimer.

- Notasi masing-masing material pada beton geopolimer

$$\text{Fly ash} = W_f$$

$$\text{Larutan NaOH} = W_{lh}$$

$$\text{Larutan Na}_2\text{SiO}_3 = W_{ls}$$

$$\text{Padatan NaOH} = W_{ph}$$

$$\text{Padatan Na}_2\text{SiO}_3 = W_{ps}$$

- Spesifikasi alkali aktuator pada beton geopolimer

**Tabel 2.9** Molaritas NaOH dalam beberapa konsentrasi

Molaritas	Padatan (gr)	Air (gr)	<u>Padatan</u> <u>Larutan</u>	<u>Padatan</u> <u>Air</u>
16 M	444	556	44%	80%
14 M	560	839	40%	67%
12 M	480	880	35%	55%
10 M	400	911	31%	44%
8 M	320	937	25%	34%

**Tabel 2.10** Notasi prosentase kandungan oksida dalam larutan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>

Oksida	Notasi
SiO <sub>2</sub>	%SiO <sub>2</sub>
Na <sub>2</sub> O	%Na <sub>2</sub> O
H <sub>2</sub> O	%H <sub>2</sub> O

2). Menghitung massa padat dari aktivator dan prosentase perbandingan Fly Ash terhadap padatan aktivator

- Menghitung NaOH dalam wujud padat (*Wph*), yaitu:

$$\text{NaOH padat (Wph)} = Wlh \times \frac{\text{Padatan}}{\text{Larutan}}$$

- Menghitung Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> dalam wujud padat (*Wps*), yaitu:

$$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \text{ padat (Wps)} = Wls \times (100\% - \%H_2O)$$

- Menghitung prosentase Fly Ash dalam suatu campuran bahan pengikat, yaitu:

$$\% \text{ fly ash} = \frac{Wf}{(Wf + Wph + Wps)} \times 100\%$$

3). Perbandingan padatan NaOH: padatan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> untuk dalam wujud padat.

- Menghitung %NaOH padat dalam suatu kesatuan aktivator padat.

$$\% \text{ NaOH} = \frac{Wph}{(Wph + Wps)} \times 100\%$$

- Menghitung %NaOH padat dalam suatu kesatuan aktibrator padat.

$$\% \text{ Na}_2\text{SiO}_3 = \frac{Wps}{(Wph + Wps)} \times 100\%$$

4). Rasio air terhadap bahan pengikat

Seperti bahan pengikat pada semen Portland, maka bahan pengikat geopolimer dengan metode pencampuran kering juga membutuhkan perhitungan rasio air terhadap semen geopolimer.

- Menghitung massa air dalam larutan NaOH (*Wwlh*) =

$$Wlh - Wph$$

- Menghitung massa air dalam larutan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  ( $Wwls$ ) =  
 $Wls - Wps$
- Menghitung massa air total dalam larutan alkali aktuator  
( $Wwtotal$ ) =  $Wwlh + Wwls$
- Menghitung rasio air terhadap semen (bahan pengikat):

$$\frac{W}{C} Rasio = \frac{Wwtotal}{(Wf + Wph + Wps)}$$

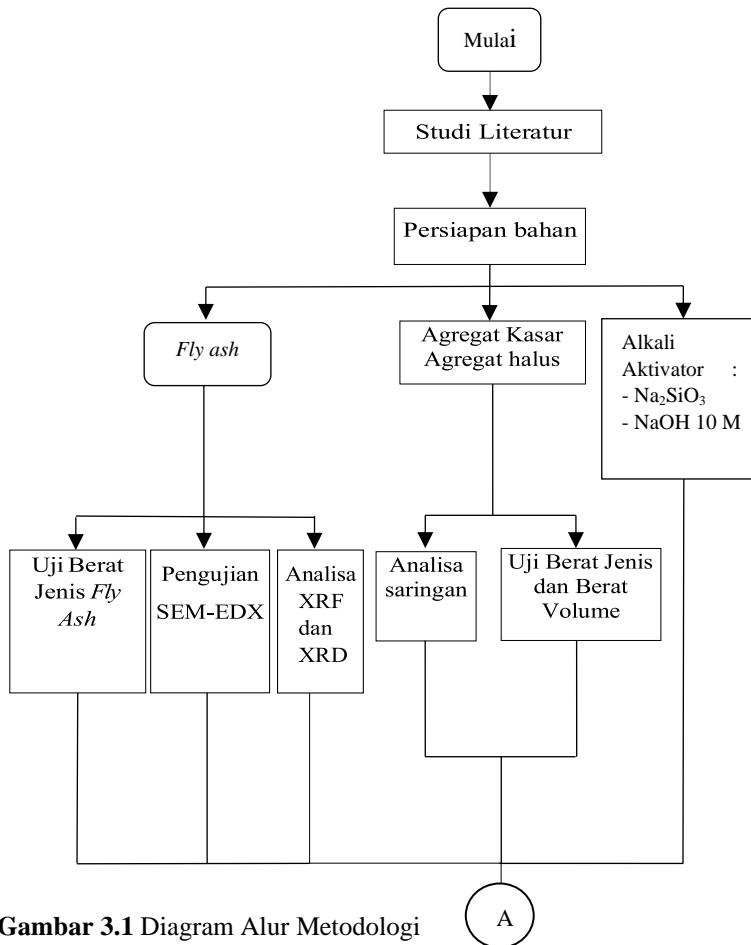
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB III

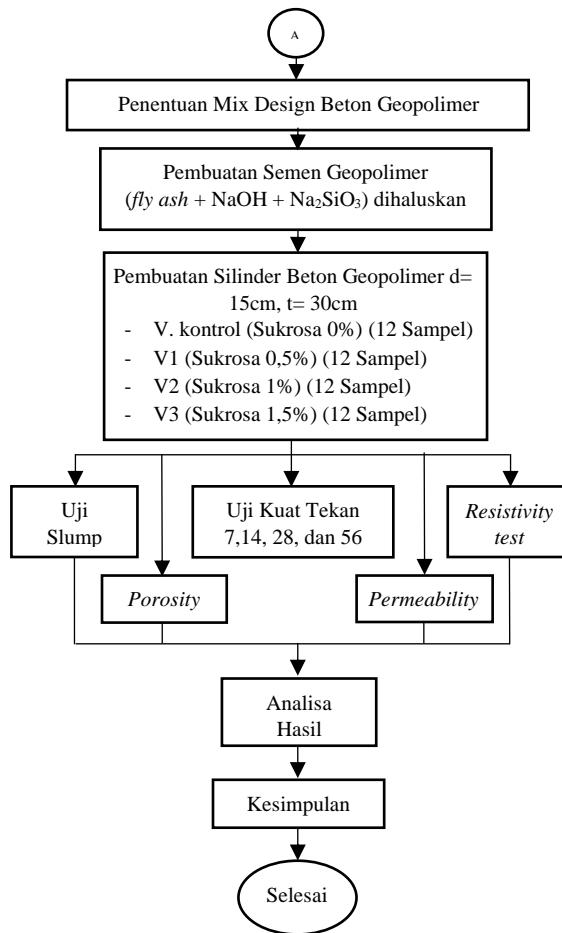
## METODOLOGI

### 3.1 Umum

Metodologi penelitian dalam proposal penelitian tugas akhir ini disajikan dalam diagram alur sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alur Metodologi



**Gambar 3.2** Diagram alur metodologi

### 3.2 Uraian Metodologi

Uraian metodologi yang digunakan dalam pembahasan permasalahan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

### 3.2.1 Studi Literatur

Sumber Literatur yang digunakan meliputi buku referensi, laporan atau studi yang terkait dengan penggunaan material fly ash pada beton geopolimer mengenai :

1. Metode mix desain beton geopolimer dengan bahan pengikat *fly ash* tipe C
2. Pengaruh bahan tambahan (*additives admixture*) pada beton geopolimer
3. Efek tipe *admixture* terhadap sifat beton geopolimer
4. Studi karakteristik *fly ash* terhadap kemampuan beton geopolimer

### 3.2.2 Persiapan dan Pengujian Material

Tahapan selanjutnya ialah pengujian kualitas terhadap material-material yang akan digunakan pada penelitian, mengacu pada standar ASTM dan SNI. Adapun material-material yang digunakan antara lain:

#### 3.2.2.1 *Fly ash*

Penelitian ini menggunakan *fly ash* yang berasal dari limbah PT. Paiton Jawa Power, Probolinggo yang ditunjukkan pada gambar dimana *fly ash* yang akan digunakan harus diuji *X-Ray Fluorescence* (XRF) dan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui komposisi kimia sehingga dapat ditentukan *fly ash* tersebut termasuk dalam kelas F atau kelas C, serta juga dilakukan uji SEM-EDX. Pengujian berat jenis *fly ash* mengacu pada ASTM C188 – 95. Prosedur pengujian berat jenis *fly ash* sebagai berikut;



**Gambar 3.3 Fly Ash Tipe C**

1. Menimbang fly ash sebanyak 250 gram (W1)
2. Menimbang labu takar 500 cc
3. Memasukkan fly ash ke dalam labu takar dan beratnya ditimbang
4. Mengisi labu takar dengan minyak hingga batas garis
5. Memutar-mutar labu ukur yang berisi minyak dan fly ash untuk menghilangkan gelembung udara
6. Menimbang berat labu ukur yang telah diisi fly ash dan minyak (W2)
7. Buang isi labu takar dan kemudian diisi ulang dengan minyak hingga batas garis
8. Menimbang berat labu takar berisi minyak (W3)
9. Menghitung berat jenis fly ash dengan menggunakan rumus :

$$\rho = \frac{W_1}{W_1 + W_3 - W_2} \dots \dots \dots \text{(Rumus 3.1)}$$

Dengan : W1 = Berat fly ash (gram)

W2 = Berat labu ukur + minyak + fly ash (gram)

W3 = Berat labu ukur + minyak (gram)

### 3.2.2.2 Agregat

Penelitian ini menggunakan agregat yang meliputi agregat kasar dan agregat halus pada Gambar 3.4 berasal dari Toko material “U.D. KARYA INDAH” di Surabaya. Kedua material agregat yang akan digunakan sebelumnya harus dilakukan pengujian untuk dapat memenuhi persyaratan material pembuatan beton. Pengujian untuk agregat kasar dan halus meliputi :



Gambar 3.4 Agregat; (a) Agregat Halus (b) Agregat Kasar

#### - Analisa Saringan Kerikil (ASTM C 136)

1. Membersihkan saringan dan pan dengan ukuran dan pan dengan ukuran # 11/2 ; ¾; 3/8 ditambah # 4,76; 2,38; pan
2. Menimbang saringan dan pan
3. Menyusun saringan dan pan dari atas ke bawah dengan urutan nomor saringan besar ke kecil
4. Menimbang kerikil 16 kg
5. MeMasukkan ke dalam susunan saringan dan pan
6. Menggetarkan dengan mesin penggetar dengan waktu ± 10 menit

7. Menimbang dan mencatat berat kerikil pada tiap tiap nomor saringan, ketelitian dalam menimbang diijinkan dengan kesalahan  $\pm 0,5 - 1\%$



**Gambar 3.5 Saringan Agregat dan Sieve Shacker**

**- Berat Jenis Kerikil (ASTM C-127/SNI-1969-2008)**

1. Kerikil direndam dalam air 24 jam
2. Kerikil diangkat dan dilap satu demi satu sehingga kondisi kering permukaan (SSD)
3. Ditimbang kondisi SSD sebanyak 3000 gram
4. Agregat ditimbang dalam air (C)
5. Masukkan ke dalam susunan saringan dan pan
6. Dilakukan pengujian sampai 3x

$$\text{Berat jenis SSD} = \frac{3000}{3000-C} \text{ (kg/dm}^3\text{)} \dots\dots \text{(Rumus 3.2)}$$

**- Uji Keausan Agregat (SNI-2417-2008)**

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam pengujian keausan agregat dengan mesin Los Angeles setelah ditimbang sesuai dengan tabel ukuran fraksi diatas.
2. Mencuci agregat hingga bersih dan oven selama 24 jam, setelah dioven dinginkan agar suhunya sama dengan suhu ruangan.
3. Memasukkan benda uji ke dalam mesin Los Angeles dengan bola baja yang sesuai pada tabel ukuran fraksi diatas.

4. Menyalakan mesin, mesin akan berputar dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm untuk 500 putaran.
5. Setelah putaran selesai sampel dikeluarkan kemudian melakukan penyaringan awal dengan saringan berdiameter lebih dari 1,7 mm (No.12). Saring bagian sampel yang lebih halus dengan saringan 1,7 mm (No.12). Butiran yang tertahan / lebih besar dari 1,7 mm (No.12) dicuci bersih kemudian dikeringkan dengan oven suhu  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  sampai berat tetap lalu ditimbang.

Nilai Keausan :

$$\frac{\text{Berat sampel semula}}{\text{Berat sampel tertahan } 1,7 \text{ mm}} \times 100\% \dots \dots \dots \text{(Rumus 3.3)}$$



a



b

**Gambar 3.6** Peralatan Tes Abrasi; (a) Mesin Los Angeles (b) Bola Pejal

#### - Berat Jenis Pasir (ASTM C-128/SNI-1970-2008)

1. Timbang labu takar 1000 cc
2. Timbang pasir kondisi SSD (Saturated Surface Dry) 500 gram
3. Pasir dimasukkan ke dalam labu takar, ditimbang lagi (untuk kontrol)
4. Labu takar diisi air sampai batas kapasitas, dan diputar putar dengan posisi tangan miring supaya gelembung udara keluar

5. Sesudah itu ditambahkan air hingga batas kapasitas dan ditimbang (B)
6. Pasir dan air dikeluarkan dari labu takar, lalu labu takar diisi air hingga batas kapasitas dan ditimbang (C)

$$\text{Berat jenis SSD} : \frac{500}{500+C-B} (\text{kg/dm}^3) \dots\dots\dots(\text{Rumus 3.4})$$

**- Berat Volume lepas Pasir dan kerikil (ASTM C29 – 78)**

1. Takaran ditimbang (A) pasir memakai tempat yang volumenya 3 liter. Kerikil memakai tempat yang volumenya 10 liter
2. Lalu takaran diisi pasir atau kerikil dan diratakan dan ditimbang (B)
3. Volume takaran (C) maka ;

$$\text{Berat volume lepas} : \frac{B-A}{C} \times (\text{kg/dm}^3) \dots\dots\dots(\text{Rumus 3.5})$$

### 3.2.2.3 Alkali Aktivator

Jenis aktivator yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sodium Hidroksida (NaOH) dan Sodium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) yang didapatkan dari toko kimia “PT. BRATACO”.

#### a. Natrium Hidroksida (NaOH)

Sodium Hidroksida (NaOH) yang digunakan berbentuk Kristal (flake) dengan kadar kemurnian 98%. Konsentrasi NaOH yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10M.



**Gambar 3.7** Natrium Hidroksida (NaOH) Berbentuk Kristal

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

Sodium silikat yang digunakan merupakan sodium silikat yang berbentuk padatan. Kandungan senyawa oksida yang ada pada natrium silikat diuji pada laboratorium kimia Departemen Kimia ITS.



**Gambar 3.8 Natrium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) Berbentuk Kristal**

#### 3.2.2.4 *Admixture*

Penelitian ini menggunakan *admixture* berupa sukrosa dengan persentase 0% , 0.5% , 1% , 1.5% dari *Binder*. Sukrosa yang digunakan diproduksi oleh PT. Hakiki Donarta. Sukrosa yang didapatkan dari toko “BILKA SWALAYAN”.



**Gambar 3.9 Sukrosa**

### 3.2.3 Penentuan *Mix Design* Beton Geopolimer

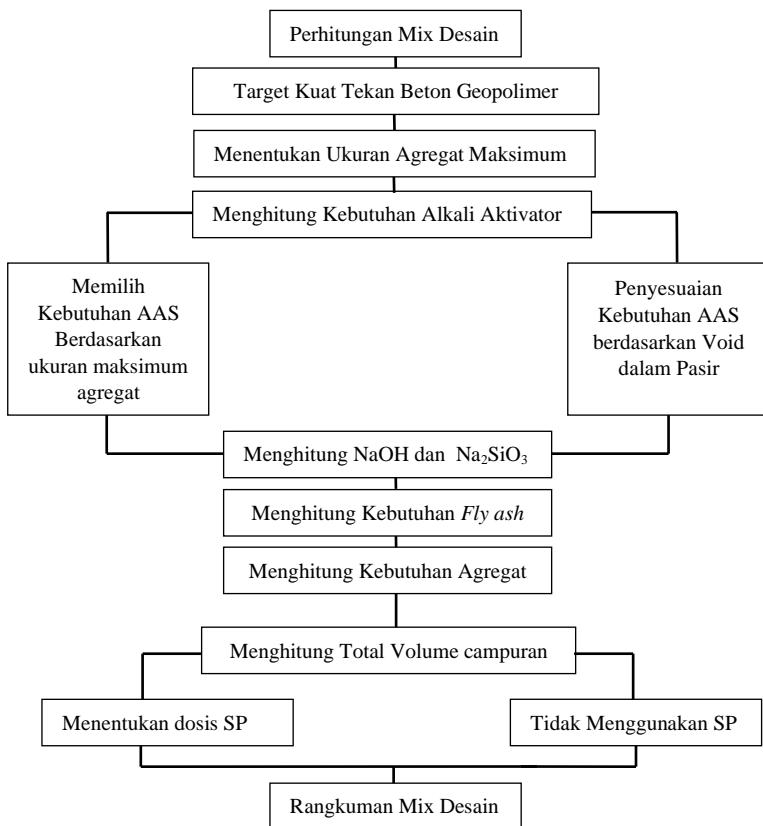
#### 3.2.3.1 Perhitungan *Mix Design* Benda Uji

Pembuatan *mix design* ini dilakukan sesuai dengan penelitian terdahulu oleh (Tanakorn Phoo-ngernkham dkk, 2018). Menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.)

Komposisi *admixture* pada penelitian ini dilakukan variasi untuk mendapatkan hasil yang paling optimum. Komposisi tersebut adalah :

1. Penambahan *admixture* (sukrosa) dengan persentase sebesar 0% *binder* (untuk kontrol) masing masing umur rencana (7, 14, 28 dan 56 hari) dibuat 3 benda uji, sehingga total 12 benda uji. (V. Kontrol)
2. Penambahan *admixture* (sukrosa) dengan persentase sebesar 0,5% dari *binder* masing masing umur rencana (7, 14, 28 dan 56 hari) dibuat 3 benda uji, sehingga total 12 benda uji. (V.1)
3. Penambahan *admixture* (sukrosa) dengan persentase sebesar 1% dari *binder* masing masing umur rencana (7, 14, 28 dan 56 hari) dibuat 3 benda uji, sehingga total 12 benda uji. (V.2)
4. Penambahan *admixture* (sukrosa) dengan persentase sebesar 1,5% dari *binder* masing masing umur rencana (7, 14, 28 dan 56 hari) dibuat 3 benda uji, sehingga total 12 benda uji. (V.3)

Sehingga total benda uji yang dibuat sebanyak 48 Benda uji. Langkah untuk menentukan mix desain desain beton geopolimer digambarkan pada diagram alir seperti pada gambar 3.10.



**Gambar 3.10** Diagram Alir Mix Desain

- 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 3.1** Kadar air maksimum dan persentase udara per meter kubik beton

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

2. Pemilihan konten larutan alkali aktivator (AAS) dan konten 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 sesuai standar ACI. Kondisi ini telah dirangkum Tabel 3.1

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

Sesuai ACI 211.4R-93, campuran beton telah direkomendasikan untuk menggunakan agregat halus dengan kehalusan modulus dari 2.4 to 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 :

$$\left[ \left\{ \left[ 1 - \left( \frac{\rho_{RS}}{S_G \rho_w} \right) \times 100 \right] \right\} - 35 \right] \times 4,75 \quad \dots \dots \dots \text{(Rumus 3.6)}$$

di mana penyesuaian AAS adalah penyesuaian konten AAS ( $\text{kg/m}^3$ ),  $\rho_{RS}$  adalah kepadatan agregat halus dalam kondisi SSD / Volume ( $\text{kg/m}^3$ ),  $S_G$  adalah gravitasi spesifik dari agregat halus, dan  $\rho_w$  adalah kepadatan air ( $\text{kg/m}^3$ ).

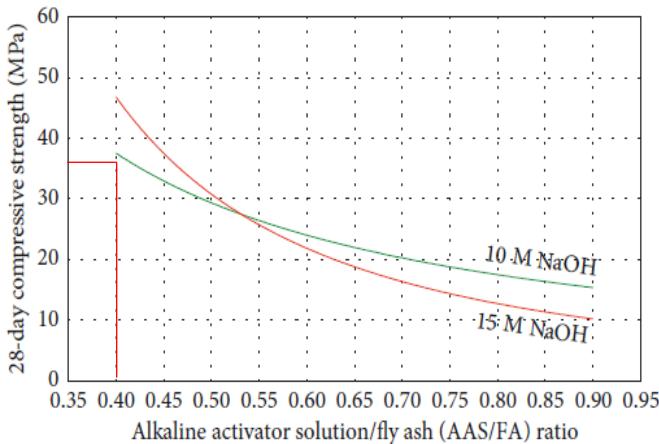
Dari Uji Agregat didapatkan :

$S_G$	: 2.78
$\rho_{RS}$	: 1573.33 $\text{kg/m}^3$

Maka :

$S_G \rho_w$	: 2782.937 $\text{kg/m}^3$
Pengaturan AAS	: 40.2 $\text{kg/m}^3$
AAS	: 240.2 $\text{kg/m}^3$

4. Memilih solusi alkali aktivator untuk rasio abu terbang (AAS / FA)



**Gambar 3.11** Grafik kuat tekan beton umur 28 hari vs solusi alkali aktivator/fly ash

Kuat tekan rencana : 35 Mpa

AAS/FA : 0.4

NaOH : 10 M

5. Mentukan konten *fly ash*

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

$$\begin{aligned} \text{Konten fly ash} &= \frac{\text{AAS}}{\text{Rasio AAS/FA}} \dots \dots \dots \text{(Rumus 3.7)} \\ &= \frac{240.2}{0.4} = 600.52 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

6. Menentukan konten NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$

Dari literatur, NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  ditemukan menjadi aktivator alkali yang umum digunakan (R. R. Lloyd dkk, 2010). Dalam studi ini, NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  telah dipilih sebagai aktivator alkali solusi. Menurut Tabel 3.2, kepadatan NaOH dengan konsentrasi yang berbeda telah digunakan untuk menghitung volume AAS sesuai metode volume. Perbandingan NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  yang digunakan pada penelitian ini adalah 1:1. Individu massa konten larutan aktivator alkali dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Na}_2\text{SiO}_3 = \frac{\text{AAS}}{\left[1 + \left(1/\left(\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}\right)\right)\right]}, \dots \dots \dots \text{(Rumus 3.8)}$$

$$\text{NaOH} = \text{AAS} - \frac{\text{AAS}}{\left[1 + \left(1/\left(\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}\right)\right)\right]}, \dots \dots \dots \text{(Rumus 3.9)}$$

Dari rumus diatas didapatkan :

$\text{NaOH}$  :  $120.10 \text{ kg/m}^3$

$\text{Na}_2\text{SiO}_3$  :  $120.10 \text{ kg/m}^3$

**Tabel 3.2** Berat jenis NaOH dengan Molaritas yang berbeda

	NaOH	8 M	10 M	12 M	14 M
Densitas (Kg/m <sup>3</sup> )		1256.7	1311.4	1359.7	1400

#### 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:

$$M_{RS} = 0,3 S_{G(RS)} [1 - V_{FA} - V_{\text{NaOH}} - V_{\text{Na}_2\text{SiO}_3} - V_{\text{air}}] \times 1000$$

$$M_{LS} = 0,7 S_{G(LS)} [1 - V_{FA} - V_{\text{NaOH}} - V_{\text{Na}_2\text{SiO}_3} - V_{\text{air}}] \times 1000$$

di mana  $M_{RS}$  adalah massa agregat halus (kg),  $M_{LS}$  adalah massa agregat kasar (kg),  $S_{G(RS)}$  adalah spesifik gravitasi dari agregat halus,  $S_{G(LS)}$  adalah gravitasi spesifik agregat kasar,  $V_{FA}$  adalah volume fly ash,  $V_{\text{NaOH}}$  adalah volume NaOH,  $V_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}$  adalah volume  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , dan  $V_{\text{air}}$  adalah volume udara yang terperangkap.

Dari uji agregat dan perhitungan diatas didapatkan :

$S_{G(RS)}$  : 2.78

$S_{G(LS)}$  : 2.68

$V_{FA}$  :  $600.5 \text{ kg/m}^3$

$V_{\text{NaOH}}$  :  $120.10 \text{ kg/m}^3$

$V_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}$  :  $120.10 \text{ kg/m}^3$

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

Maka :

$$\begin{aligned} M_{RS} &: 507.9 \text{ kg/m}^3 \\ M_{LS} &: 1140.6 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

#### 8. Menentukan dosis *admixture*

AAS memiliki viskositas lebih tinggi daripada air keran saat digunakan untuk membuat AAHFAC. (Hardjito dkk 2004) dilaporkan bahwa dosis *admixture* untuk meningkatkan *workability* yang efektif untuk berkisar antara 0,8 dan 2% dari konten pengikat. Pavithra dkk (2016) juga mengklaim bahwa penggunaan dosis *admixture* adalah ditemukan memiliki dampak pada perilaku alkali segar yang diaktifkan pengikat beton; Namun, itu sedikit berpengaruh pada kekuatan dan properti lainnya. Karena itu, untuk meningkatkan kemampuan kerja AAHFAC, sejumlah kecil *admixture* itu tergabung dalam campuran.

**Tabel 3.3** Dosis *Admixture*

Persentase	0 %	0,5 %	1 %	1,5 %
Dosis <i>Admixture</i> (Kg/m <sup>3</sup> )	0	3,00	6,01	9,01

#### 9. Merangkum hasil mix desain

**Tabel 3.4** Rangkuman Hasil *Mix Design* (Metode Basah)

Material	V.Kontrol	V.1(0,5%)	V.2(1%)	V.3(1,5%)
Fa (kg/m <sup>3</sup> )	600,522	600,522	600,522	600,522
M <sub>RS</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	507,9	507,9	507,9	507,9
M <sub>LS</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1140,6	1140,6	1140,6	1140,6
NaOH (kg/m <sup>3</sup> )	120,1	120,1	120,1	120,1
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	120,1	120,1	120,1	120,1
Sukrosa (kg/m <sup>3</sup> )	0	3,00	6,01	9,01
BJ Beton	2489,830	2489,830	2489,830	2489,830

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

Berdasarkan langkah mix design oleh Tanakorn Phoo-ngernkham dkk, 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<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 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:

1. Menghitung massa padat dari aktivator dan prosentase perbandingan Fly Ash terhadap padatan aktivator.

**Tabel 3.5** Perbandingan berat NaOH padat dan Air dalam beberapa konsentrasi molar larutan NaOH

Molaritas	Padatan (gr)	Air (gr)	Padatan/ Larutan	Padatan/ Air	Berat NaOH/kg
8 M	320	937	25%	34%	0,255
10 M	400	911	31%	44%	0,305
12 M	480	880	35%	55%	0,353
14 M	560	839	40%	67%	0,400

**Tabel 3.6** % kandungan Oksida dalam Larutan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>

<b>Senyawa</b>	<b>Kadar (%)</b>
SiO <sub>2</sub>	21,7 %
Na <sub>2</sub> O	18,71 %
H <sub>2</sub> O	46,44 %

- Menghitung NaOH dalam wujud padat (Wph), dengan (Rumus 3.12).

$$\text{NaOH Padat (Wph)} = 120.10 \times 0.305 = 36.63 \text{ Kg}$$

- Menghitung Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> dalam wujud padat (Wps), dengan (Rumus 3.13)

$$\text{Na}_2\text{SiO}_3\text{Padat (Wps)} = 120.10 \times \frac{18.71+21.7}{46.44+18.71+21.7} = 55.88 \text{ Kg}$$

- Menghitung % *Fly Ash* dalam suatu campuran bahan pengikat geopolimer meode pencampuran kering, dengan (Rumus 3.14)

$$\% \text{ Fly Ash} = \frac{600,52}{600,52+36.63+55.88} \times 100\% = 86,65\%$$

- Menghitung % Aktivator dalam suatu campuran bahan pengikat geopolimer meode pencampuran kering, dengan (Rumus 3.15)

$$\% \text{ Aktivator Padat} = \frac{36.63+55.88}{600,52+36.63+55.88} \times 100\% = 13.35\%$$

Dari Perhitungan diatas, diperoleh perbandingan *Fly Ash* terhadap bahan alkali aktivator dalam wujud padat adalah:

$$86.65\% \text{ FA} : 13.35\% \text{ Aktivator Padat}$$

2. Perbandingan Padatan NaOH terhadap Padatan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>

- Menghitung % NaOH Padat =  $\frac{36.63}{36.63+55.88} \times 100\% = 39.60\%$
- Menghitung Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> Padat =  $\frac{55.88}{36.63+55.88} \times 100\% = 60.40\%$

Dari Perhitungan diatas, diperoleh perbandingan NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> dalam wujud padat adalah :

$$39.60\% \text{ NaOH Padat} : 64.40\% \text{ Na}_2\text{SiO}_3 \text{ Padat}$$

### 3. Rasio Air Terhadap Bahan Pengikat

- Menghitung massa air dalam suatu larutan NaOH (Wwlh), dengan (Rumus 3.16)  
Air dalam larutan NaOH (Wwlh) = 120.10 – 36.63 = 83.47 Kg
- Menghitung massa air dalam suatu larutan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> (Wwls), dengan (Rumus 3.17)  
Air dalam larutan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> (Wwls) =  $120.10 \times \frac{46.44}{46.44+18.71+21.7} = 63.62 \text{ Kg}$
- Menghitung massa air total (Wtotal) dalam suatu larutan aktuator NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> dengan (Rumus 3.18)  
Air total dalam larutan aktuator (Wtot) = 83.47 + 63.62 = 147.1 Kg

Sehingga diperoleh perbandingan nilai massa pada metode basah dan kering sebagai berikut :

**Tabel 3.7** Rangkuman Jumlah Aktivator padat dan Aktivator larutan

Metode Basah		Metode Kering	
Material	Nilai (kg/m <sup>3</sup> )	Material	Nilai (kg/m <sup>3</sup> )
Fa (kg/m <sup>3</sup> )	600,522	Fa (kg/m <sup>3</sup> )	600,522
M <sub>RS</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	507,9	M <sub>RS</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	507,9
M <sub>LS</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1140,6	M <sub>LS</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1140,6
NaOH (kg/m <sup>3</sup> )	120,1	NaOH (kg/m <sup>3</sup> )	36,6
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	120,1	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	55,9
Air (kg/m <sup>3</sup> )	0	Air (kg/m <sup>3</sup> )	149,3
Sukrosa (kg/m <sup>3</sup> )	0	Sukrosa (kg/m <sup>3</sup> )	0
BJ Beton	2489,830	BJ Beton	2489,830

#### 4. Merangkum hasil mix desain

**Tabel 3.8** Rangkuman Hasil Mix Design Metode Kering

Material	V.Kontrol	V.1(0,5%)	V.2(1%)	V.3(1,5%)
Fa (kg/m <sup>3</sup> )	600,522	600,522	600,522	600,522
M <sub>RS</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	507,9	507,9	507,9	507,9
M <sub>LS</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1140,6	1140,6	1140,6	1140,6
NaOH (kg/m <sup>3</sup> )	36,6	36,6	36,6	36,6
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	55,9	55,9	55,9	55,9
Air (kg/m <sup>3</sup> )	149,3	149,3	149,3	149,3
Sukrosa (kg/m <sup>3</sup> )	0	3,00	6,01	9,01
BJ Beton	2489,830	2489,830	2489,830	2489,830

#### 3.2.4 Pembuatan Benda Uji Beton Geopolimer

Setelah dilakukan perhitungan *mix design*, selanjutnya dilakukan pembuatan beton geopolimer. Untuk setiap komposisi silinder, masing-masing 12 benda uji untuk pengujian kuat tekan umur 7, 14, 28 dan 56 hari. Sebelum proses pembuatan beton geopolimer ada dua tahap yang harus dilakukan antara lain :

##### 3.2.4.1 Persiapan alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan benda uji silinder antara lain :

**Tabel 3.9** Alat Pembuatan Benda Uji

No	Nama Alat	Gambar Alat	Kegunaan
1.	Timbangan digital		Menimbang bahan / benda uji dalam skala kecil, yaitu $\leq 5 \text{ kg}$ .
2.	Cetakan beton geopolimer 15 x 30 cm		Sebagai cetakan benda uji
3.	Bola Baja		Untuk Membuat Semen Geopolimer
4.	Mesin Grinding		Untuk Membuat Semen Geopolimer
5.	Kerucut Slump, Rojokan, Meteran, Cetok		Untuk uji slump

6.	Ember Plastik		Untuk menampung sementara beton setelah mix
7.	Plastik Klip		Untuk Menyimpan Semen Geopolimer agar tidak bereaksi selama disimpan

### 3.2.4.2 Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan benda uji silinder geopolimer antara lain sebagai berikut :

**Tabel 3.10** Bahan Pembuatan Benda Uji

No	Nama Bahan	Gambar Bahan	Kegunaan
1.	<i>Fly ash</i>		Bahan pembuatan semen geopolimer
2.	Air		Bahan pembuatan beton geopolimer
2.	NaOH		Sebagai activator

3.	$\text{Na}_2\text{SiO}_3$		Sebagai aktivator
4.	Sukrosa		Sebagai <i>admixture</i>
5.	Agregat Halus		Sebagai Bahan Pengisi Beton Geopolimer
6.	Agregat Kasar		Sebagai Bahan Pengisi Beton Geopolimer

### 3.2.4.3 Pembuatan Semen Geopolimer

Pembuatan semen geopolimer yang merupakan gabungan dari material *fly ash* dan alkali aktivator, dilakukan dengan proses penggilingan yang menggunakan mesin grinding. Mesin ini terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya. Silinder ini bertemu pada dua poros pendek dan berputar pada poros mendatar, pada silinder terdapat lubang untuk memasukkan benda yang akan dihaluskan, serta terdapat pula penutupnya sehingga pada saat diputar silinder akan tertutup rapat.

Berikut merupakan langkah-langkah pembuatan semen geopolimer dengan menggunakan mesin Grinding:

1. Menyiapkan dan menimbang material (*fly ash*, NaOH dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ).
2. Memasukkan bola-bola baja ke dalam mesin.



**Gambar 3.12** Alat Grinding; (a) Mesin Grinding (b) Bola Baja

3. Memasukan material penyusun semen geopolimer ke dalam mesin yaitu *fly ash* dan alkali aktifator.



**Gambar 3.13** Memasukkan Material Semen Geopolimer ke dalam Mesin Grinding

4. Membuka tutup dan mengeluarkan semen geopolimer dari mesin Grinding.



**Gambar 3.14** Hasil Akhir Semen Geopolimer  
Setelah Dihaluskan

5. Mengemas semen geopolimer setelah dihaluskan jika pengcoran dilakukan di lain hari.



**Gambar 3.15** Mengemas Hasil Grinding Semen  
Geopolimer ke dalam Plastik

#### **3.2.4.4 Pembuatan Beton Geopolimer**

Pembuatan benda uji pada penelitian ini untuk benda uji beton menggunakan silinder 15 x 30 cm. Beton akan diuji pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari. Prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan dan menimbang bahan hasil perhitungan proporsi campuran *mix design*.

2. Menyiapkan alat-alat pembuatan benda uji.
3. Basahi dahulu mixer dengan air untuk membersihkan kotoran yang tertinggal, setelah itu buang air jika cukup bersih.



**Gambar 3.16** Membasahi Mixer dengan Air

4. Memulai proses *mixing* dengan memasukkan agregat kasar dan halus ke dalam tempat *mixing*.



**a**



**b**

**Gambar 3.17** Memasukkan Agregat ke dalam Mixer  
(a) Agregat Kasar (b) Agregat Halus

5. Tunggu hingga agregat halus dan kasar tercampur rata.
6. Masukkan sukrosa secara perlahan.

7. Memasukkan semen geopolimer secara bertahap.



**Gambar 3.18** Memasukkan Semen Geopolimer

8. Menutup mixer dengan triplek agar debu dari semen geopolimer tidak keluar hingga agregat dengan semen tercampur merata.



**Gambar 3.19** Menutup Mixer dengan Triplek

9. Masukkan air yang telah ditimbang sebelumnya

10. Menunggu hingga beton tercampur merata dan homogen.



**Gambar 3.20** Adonan Beton Tercampur Rata dan Homogen

11. Menuang adonan dalam wadah supaya mudah dimasukkan ke cetakan dan pengujian slump.
12. Memasukkan adonan ke dalam kerucut *slump* dan sambil memasukan ke dalam cetakan silinder.



**Gambar 3.21** Memasukkan Adonan Beton ke dalam Kerucut Slump

13. Mengangkat kerucut slump dan uji berapa penuruan yang terjadi pada adonan tersebut.
14. Mendiamkan benda uji selama 24 jam, kemdian keluarkan dari cetak

### 3.2.5 Perawatan Benda Uji (*Curing*)

Setelah beton semen geopolimer berumur minimal 3 (tiga) hari, benda uji dilepas dari bekisting. Setelah itu, dirawat (*curing*) dengan metode *Ambient Curing*, yaitu perawatan benda uji pada suhu ruangan atau *curing* dengan paparan udara. Pada penelitian ini suhu ruangan berkisar antara 35°C - 40°C dengan kelembaman sebesar 40% – 50%.



**Gambar 3.22** (a) Lokasi Perawatan Benda Uji (b)  
Suhu Perawatan Benda Uji

### 3.2.6 Pengujian Beton

#### 3.2.6.1 Uji Slump

Dalam penelitian ini pengujian beton segar menggunakan *slump cone*, pada pengujian *slump cone* ini diameter yang kecil diletakkan di atas sehingga diameter yang besar terletak di bawah.

Berikut langkah-langkah kerja dari metode pengujian *slump cone*:

- 1). Sebelum dilakukan pengujian, dilakukan persiapan terhadap alat *slump cone*, persiapan yang dilakukan adalah dengan melapisi alat dengan oli sehingga

permukaan alat ini terlapisi, agar mudah saat ditarik dan saat dibersihkan.

- 2). Alat *slump cone* (kerucut Abram) diletakkan seperti sebagaimana melakukan pengujian slump pada beton normal. Alat *slump cone* diletakkan pada papan datar yang lebar. Papan tersebut digunakan sebagai alas agar beton dapat mengalir dengan baik tanpa ada hambatan.
- 3). Setelah adukan beton siap, adukan beton segar dimasukkan ke dalam kerucut Abram hingga penuh.
- 4). Kemudian kerucut Abram diangkat secara perlahan dan konstan, lalu kerucut diletakkan disamping benda uji dengan posisi terbalik.
- 5). Ukur selisih dari tinggi kerucut dan benda uji.

### 3.2.6.2 Uji Kuat Tekan

Tes kuat tekan beton geopolimer ini akan dilakukan pada umur beton 7 hari, 14 hari, 28 hari, 56 hari. Untuk setiap tes kuat tekan, digunakan 3 benda uji dari setiap komposisi. Hal ini dilakukan untuk keakuratan data tes tekan masing masing komposisi. Prosedur pengujian kuat tekan beton geopolimer yaitu:

1. Menyiapkan Benda uji



**Gambar 3.23** Benda Uji

2. Menimbang berat benda uji



**Gambar 3.24** Menimbang Benda Uji

3. Meletakkan benda uji pada mesin uji kuat tekan secara sentris.
4. Meletakkan triplek pada bagian atas beton yang akan diuji agar permukaan beton rata.
5. Menjalankan mesin tekan.



a



b

**Gambar 3.25** (a) Posisi beton sentris dengan mesin kuat tekan  
(b) Triplek di letakkan diatas benda uji

6. Melakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan mencatat beban maksimum yang terjadi.



**Gambar 3.26** Mencatat beban maksimum yang terjadi saat benda uji sudah hancur

### 3.2.6.3 Uji Resistivity

1. Menyiapkan alat uji dan benda uji



**Gambar 3.27** (a) Benda uji (b) Alat uji Resistivity

2. Membersihkan permukaan benda uji

3. Menentukan Lokasi uji
4. Membasahi permukaan yang akan diuji dengan air secukupnya
5. Melakukan pengujian pada titik uji dengan alat Resipod Proceq dengan cara menekan alat tersebut



**Gambar 3.28** Menekan alat Resipod Proceq ke benda uji

6. Memindahkan alat uji ke titik uji selanjutnya
7. Mengulang langkah tersebut hingga pada satu lokasi teruji sebanyak 6 kali

#### 3.2.6.4 Uji *Permeability*

1. Menyiapkan alat uji dan benda uji



**Gambar 3.29** (a) Benda uji (b) Alat uji *Permeability*

2. Menghubungkan selang vakum dengan pompa, pastikan selang tidak lepas saat pompa dihidupkan.



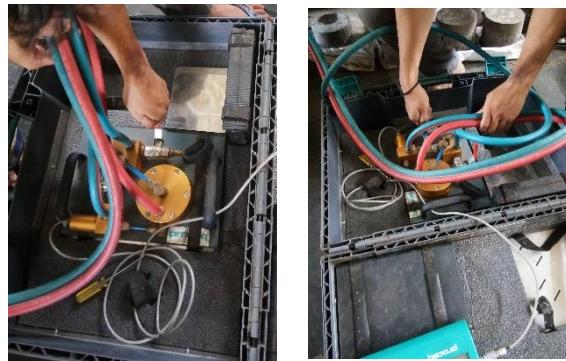
**Gambar 3.30** Memasang selang vakum ke pompa

3. Menyambungkan kabel yang menghubungkan tuas dengan alat pembaca (Torrent Proceq).
4. Menghidupkan pompa.
5. Meletakkan vakum pada permukaan benda uji, pilih permukaan yang rata pada benda uji.



**Gambar 3.31** Meletakkan vakum di atas permukaan beton yang rata

6. Menghidupkan alat, tekan tombol *start* untuk memulai pengujian. Pegang alat vakum hingga tuas merah diangkat.
7. Mengangkat tuas merah dan biru jika terdapat perintah *shut red cock* dan *shut blue cock*



**Gambar 3.32** (a) Mengangkat Tuas Merah  
 (b) Mengangkat Tuas Biru

8. Menunggu hingga *outout* keluar, catat kT dan L
9. Menekan tombol *end* jika pengujian telah selesai



**Gambar 3.33** Output dari Permeability Test

### 3.2.6.5 Uji Porosity

1. Menyiapkan benda uji ukuran 10x20 cm. Memastikan bahwa umur benda uji minimal 28 hari agar benda uji cukup keras untuk dipotong.



**Gambar 3.34** Benda Uji Ukuran 10x20 cm

2. Memotong benda uji menjadi ukuran  $\pm 5$  cm.



**Gambar 3.35** Memotong Benda Uji

3. Menimbang hasil potongan tersebut. Memastikan bahwa berat hasil potongan minimal 800 gr dan Memastikan tidak ada bagian yang terculi.
4. Memasukkan sampel yang telah dipotong dalam oven selama 24 jam.



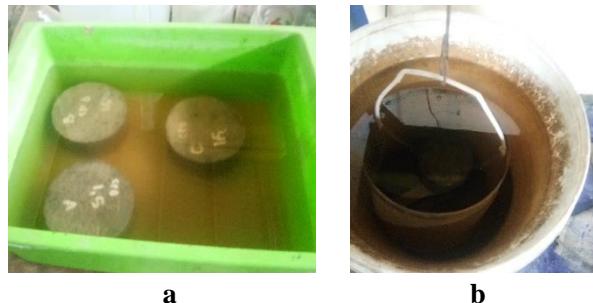
**Gambar 3.36** Hasil Potongan tidak ada yang tercuil dan rata

5. Mendinginkan sampel setelah keluar dari oven dan menimbang beratnya (A). (dilakukan hingga perbedaan massa tidak melebihi 0.5%)



**Gambar 3.37** (a) Memasukkan sampel ke oven (b)  
Menimbang sampel

6. Merendam sampel dalam air selama lebih dari 48 jam
7. Menimbang berat sampel dalam air (C) dan menimbang berat kering permukaan sampel (B) setelah direndam dalam air.



**Gambar 3.38** (a) Merendam Sampel dalam air (b)  
Menimbang sampel dalam air

8. Menghitung porositas sampel dengan rumus :

$$\text{Porosity} : \frac{B-A}{B-C} \times 100\% \dots \dots \dots \text{(Rumus 3.10)}$$



**Gambar 3.39** Kondisi Sampel setelah di oven (kiri)  
dan Kondisi sampel saat SSD (kanan)

## BAB IV

# HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Umum

Berikut ini merupakan hasil dan analisa data dari seluruh kegiatan penelitian yang telah dilaksanakan di laboratorium, meliputi; pengujian karakteristik material, pengujian slump, pengujian kuat tekan, pengujian *permeability*, pengujian *resistivity*, dan pengujian *porosity*.

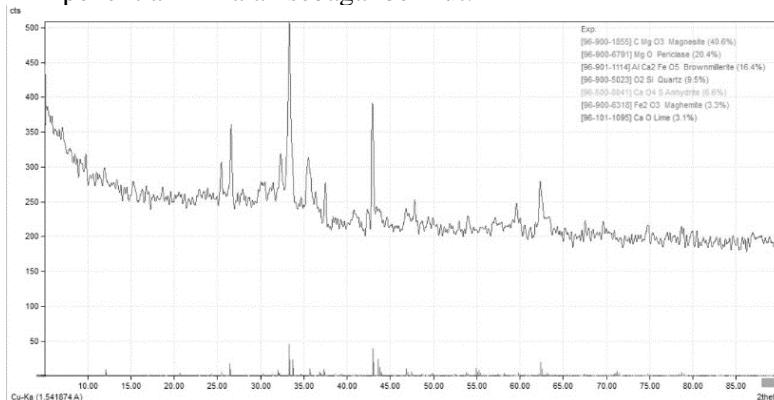
Hasil dan analisa data ini akan disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan pembahasan. Berikut rinciannya:

### 4.2 Hasil Analisa Material Penyusun

#### 4.2.1 Fly Ash

##### 4.2.1.1 Uji XRD

Hasil pengujian XRD Fly Ash yang digunakan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:



**Gambar 4.1** Pola XRD Fly Ash Digunakan pada Penelitian ini oleh Lab. Teknik Material dan Metalurgi ITS

**Tabel 4.1** Kandungan Mineral Hasil Pengujian XRD Terhadap Fly Ash yang Digunakan

Mineral	Senyawa	Hasil Uji (%)
Amorphous	-	54.72
Quartz	O <sub>2</sub> Si	4.30
Brownmillerite	Al Ca <sub>2</sub> Fe O <sub>5</sub>	7.43
Periclase	Mg O	9.24
Magnesite	C Mg O <sub>3</sub>	18.40
Anhydrite	Ca O4 S	3.00
Maghemite	Fe2 O <sub>3</sub>	1.49
Lime	CaO	1.40

Berdasarkan hasil pengujian XRD oleh lab Teknik Material dan Metalurgi ITS serta diidentifikasi menggunakan *software* Match! dan Origin, fly ash yang digunakan pada penelitian ini terdapat mineral Quartz, Periclase dan Lime dimana berdasarkan Tishmack 1999, fly ash dengan kandungan tersebut tergolong fly ash tipe C.

#### 4.2.1.2 Uji XRF

Pengujian XRF pada *fly ash* dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung. Pengujian ini dilakukan di LPPM ITS Surabaya yang ditunjukan pada Tabel 4.2 Dapat disimpulkan, menurut ASTM C 618 03, menunjukkan komposisi kimia yang terkandung dalam *fly ash* yang digunakan tergolong Tipe C berdasarkan:

- Kadar (SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>):  
60,4 % (Tabel 4.1) > 50 % → Tipe C
- Kadar CaO:  
29,6 % (Tabel 4.1) > 10 % → Tipe C
- Kadar SO<sub>3</sub>:  
0,5 % (Tabel 4.1) < 5 % → Tipe C

**Tabel 4.2** Hasil uji XRF komposisi kimia *fly ash* Berdasarkan Hasil Pengujian XRF oleh LPPM ITS Surabaya

Senyawa	Kandungan (%)	Senyawa	Kandungan (%)
SiO <sub>2</sub>	21,2 %	TiO <sub>2</sub>	1 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,7 %	Na <sub>2</sub> O	No intensity
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32,5 %	SO <sub>3</sub>	0,5%
K <sub>2</sub> O	1,09 %	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,06%
CaO	29,6%	MoO <sub>3</sub>	3,8 %
MgO	1,3%	BaO	0,5 %
MnO	0,26 %	HgO	1,5 %

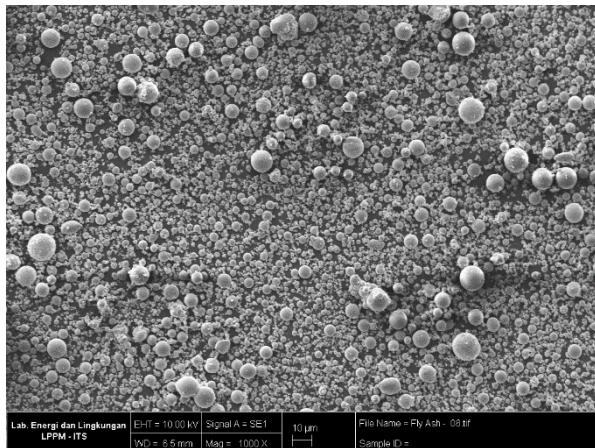
#### 4.2.1.3 Uji Specific Grafty Fly Ash

**Tabel 4.3** Hasil Pengujian Berat Jenis *Fly Ash*

Pengujian	Hasil 1	Hasil 2	Hasil 3
	Berat (gr)	Berat (gr)	Berat (gr)
Pikno A	178,3	191,4	191,4
Pikno A + Minyak	572,9	586	586
Pikno A + Minyak + Fly Ash	754,7	767,6	767,6
Minyak + Fly Ash (B)	576,4	576,2	576,2
Minyak (C)	394,6	394,6	394,6
Fly Ash (A)	250	250	250
Berat Jenis	2,93	2,92	2,92
Rata Rata		2,93	

Sehingga Berat jenis/*specific grafty* dari *fly ash* yang digunakan pada penelitian ini yaitu 2,93.

#### 4.2.1.4 Uji SEM - EDX Fly Ash



**Gambar 4.2 Bentuk Partikel *Fly Ash* hasil uji SEM EDX**

Berdasarkan hasil pengujian SEM EDX oleh Lab. Energi dan Lingkungan LPPM ITS, dapat dilihat bahwa bentuk partikel *fly ash* hampir bulat sempurna, dan hampir seluruh bentuk partikel tersebut bulat sempurna. Hal itu menunjukkan bahwa *fly ash* yang digunakan pada penelitian ini sangat reaktif, dikarenakan semakin banyak bentuk partikel *fly ash* yang bulat semakin tinggi fasa amorf. Semakin tinggi fasa amorf semakin reaktif pula *fly ash* tersebut (Pratiwi (2019)). Presentase amorf ditunjukkan pada pengujian XRF mencapai 54,72%.

#### 4.2.2 Alkali Aktivator

##### 4.2.2.1 Spesifikasi Kandungan Kimia NaOH

Pada penelitian ini digunakan NaOH dari PT.Tjiwi Kimia Surabaya. Berikut merupakan tipikal spesifikasi kimia dari NaOH flake 98%:

**Tabel 4.4** Tipikal Komposisi Kimia pada Sodium Hidroksida Flake 98% (Cristal Company, 2016)

Parameter	Nilai (%)
Sodium Hidroksida (NaOH)	98 min
Residual Water (H <sub>2</sub> O)	1 max. (ppm)
Sodium Carbonate (NaCO <sub>3</sub> )	0,5 max. (ppm)
Chloride (NaCl)	150 max. (ppm)
Iron (Fe)	5 max. (ppm)
Nickel (Ni)	5 max. (ppm)

Untuk pengujian berat jenis NaOH, hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Berat Jenis NaOH dalam Beberapa Konsentrasi Molar Larutan

Molaritas	Percobaan 1 (Kg/m <sup>3</sup> )	Percobaan 2 (Kg/m <sup>3</sup> )	Percobaan 3 (Kg/m <sup>3</sup> )	Rata Rata (Kg/m <sup>3</sup> )
8 M	1251,4	1256,2	1262,5	1256,7
10 M	1312	1310,9	1311,4	1311,4
12 M	1358,9	1362,3	1357,9	1359,7
14 M	1400,1	1392,5	1404,8	1399,1
16 M	1438,6	1441,9	1447,3	1442,6

Sehingga Berat jenis dari NaOH yang digunakan pada penelitian ini yaitu 1311,4 Kg/m<sup>3</sup> untuk Konsentrat 10 M NaOH.

#### 4.2.2.2 Spesifikasi Kandungan Kimia Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>

Kandungan oksida yang terdapat pada Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> yang didapatkan dari hasil uji adalah dapat dilihat pada Tabel 4.6, sebagai berikut:

**Tabel 4.6** Kandungan oksida pada Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>

<b>Senyawa</b>	<b>Kadar (%)</b>
SiO <sub>2</sub>	21,7 %
Na <sub>2</sub> O	18,71 %
H <sub>2</sub> O	46,44 %

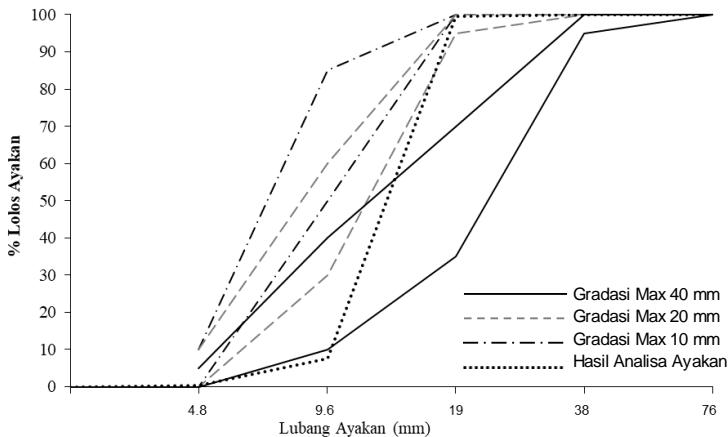
### 4.2.3 Agregat

#### 4.2.3.1 Agregat Kasar

Setelah dilakukan pengujian agregat kasar dengan ayakan, hasil yang didapatkan dari pengujian kemudian diplotkan ke dalam grafik, seperti pada tabel 4.7 dan gambar 4.3.

**Tabel 4.7** Analisa Ayakan Agregat Kasar

Lubang Ayakan (inc)	Ayakan Agregat Kasar			
	Tertinggal		Kumulatif	
	Gram	% Tertinggal	% Tertinggal	% Lolos
2 "				
1 1/2 "	0	0	0	100
3/4 "	80	0,50	0,50	99,50
3/8 "	14580	91,89	92,40	7,60
4,76	1169,3	7,37	99,77	0,23
2,38	37	0,23	100,00	0,00
1,19			100,00	0,00
0,59			100,00	0,00
0,297			100,00	0,00
0,149			100,00	0,00
Jumlah	15866,3		692,67	



**Gambar 4.3** Gradasi Agregat Kasar Batu Pecah  
Menunjukkan Hasil Zona Maks 20 mm

**Tabel 4.8** Spesifikasi Agregat Kasar Batu Pecah maks. 20 mm yang  
Digunakan dalam Penelitian Ini

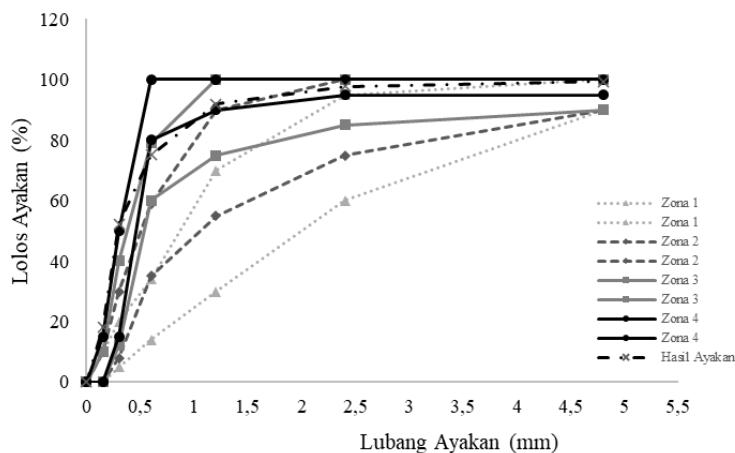
No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1.	Analisa Gradasi Agregat Kasar (ASTM C136)	
	- Modulus Kehalusan (FM) (ASTM C-33)	6,92
	- Zona (Maks)	2
2.	Berat Jenis SSD (ASTM C127)	2,678
3.	Berat Volume Lepas (ASTM C29)	4594,4 Kg/m <sup>3</sup>
4.	Keausan Agregat (SNI-2417-2008)	20,39 %

#### 4.2.3.2 Agregat Halus

Setelah dilakukan pengujian agregat halus, hasil yang didapatkan dari pengujian kemudian diplotkan ke dalam grafik, seperti pada tabel 4.9 dan gambar 4.4.

**Tabel 4.9** Analisa Ayakan Agregat Halus

Lubang Ayakan (inc)	Ayakan Agregat Halus			
	Tertinggal		Kumulatif	
	Gram	% Tertinggal	% Tertinggal	% Lolos
4,86	6,60	0,66	0,66	99,34
2,38	15,30	1,53	2,19	97,81
1,19	58,60	5,86	8,06	91,94
0,59	168,80	16,89	24,95	75,05
0,29	228,20	22,84	47,79	52,21
0,149	341,70	34,20	81,99	18,01
pan	180,00	18,01	100,00	0,00
Jumlah	999,20		265,63	

**Gambar 4.4** Gradiasi Agregat Halus Pasir Lumajang  
Menunjukkan Hasil Zona 4

**Tabel 4.10** Spesifikasi Agregat Halus Pasir Lumajang yang Digunakan dalam Penelitian Ini

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian
1.	Analisa Gradasi Agregat Halus (ASTM C136)	
	- Modulus Kehalusan (FM) (ASTM C-33)	2,65
	- Zona	4
2.	Berat Jenis SSD (ASTM C128)	2,78
3.	Berat Volume Lepas (ASTM C29)	1573,3 Kg/m <sup>3</sup>

### 4.3 Hasil Pengujian Beton Geopolimer

#### 4.3.1 Pengujian *Slump test*

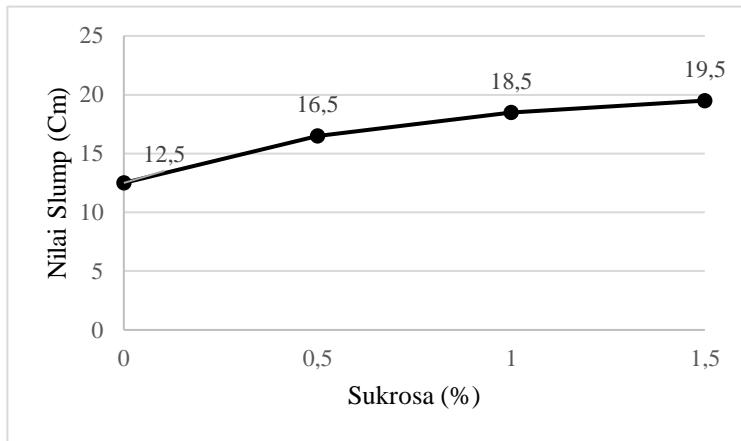
Pada saat proses pembuatan beton geopolimer, dilakukan pengujian beton segar yaitu dengan menggunakan *slump cone*. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.11 dan gambar 4.4.

**Tabel 4.11** Nilai Slump pada masing masing variasi

Variasi Sukrosa	Nilai Slump	ACI 211	PBBI 1971
V.Kontrol (Tanpa Sukrosa)	12,5 cm	Kolom, Balok, Kolom, Pelat *	Balok, Pelat *
V.1 (Sukrosa 0,5%)	16,5 cm	Kolom, Balok, Kolom, Pelat *	Balok, Pelat *
V.2 (Sukrosa 1%)	18,5 cm	Kolom, Balok, Kolom, Pelat *	Balok, Pelat *
V.3 (Sukrosa 1,5%)	19,5 cm	Kolom, Balok, Kolom, Pelat *	Balok, Pelat *

\*) Nilai slump dapat menyimpang dari nilai yang ditentukan pada ACI 211 ataupun PBBI 1971, karena pada pelaksanaan di lapangan pencetakan beton terkadang harus melalui tempat yang sulit seperti penulangan yang rapat. Sehingga perubahan nilai slump dapat berubah akibat penambahan *admixture*, asalkan dipenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Tidak terjadi pemisahan agregat dari adukan beton (segregasi)
- Mutu beton yang disyaratkan tetap terpenuhi



**Gambar 4.5** Grafik Nilai Slump Berdasarkan % Penambahan Sukrosa

Hasil pengujian slump (gambar 4.5) menunjukkan penambahan *admixture* berupa sukrosa dapat meningkatkan nilai slump sebesar 4 – 7 cm atau meningkat sebesar 21% – 36%, hal itu berarti dapat meningkatkan performa *workability* beton geopolimer. Dari grafik diatas juga dapat dilihat semakin banyak kadar sukrosa yang diberikan semakin tinggi nilai slump yang berarti semakin tinggi pula tingkat *workability* beton geopolimer. Hal ini disebabkan penambahan sukrosa dapat mencairkan adonan beton (Samuel Demie, Muhd Fadhil & Nasir Shafiq (2013)), sehingga nilai slump bertambah serta *workability* meningkat. Namun selisih nilai slump antara variasi yang menggunakan *admixture* (V.1,V.2,V.3) tidak terlalu jauh, yaitu  $\pm 2$  cm.

### 4.3.2 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan pada beton geopolimer dilakukan pada umur 7, 14, 28 dan 56 hari. Terdapat beberapa faktor koreksi dikarenakan perubahan ukuran sampel dari 15 cm x 30 cm menjadi 10 cm x 20 cm. Faktor koreksi yang digunakan mengacu pada SNI-1927-2011 seperti pada tabel 4.10 dan tabel 4.11. Berikut merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan.

**Tabel 4.12** Faktor Koreksi Rasio Panjang (L) dengan Diameter (D) Benda Uji

L/D	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00
Faktor	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87

**Tabel 4.13** Estimasi Korelasi kuat tekan silinder beton berdasarkan diameter benda uji

Diameter (D) mm	Tinggi (L) mm	Faktor Koreksi
50	100	1,09
75	150	1,06
100	200	1,04
125	250	1,02
150	300	1,00
175	350	0,98
200	400	0,96
250	500	0,93
300	600	0,91

(Sumber : SNI-1927-2011)

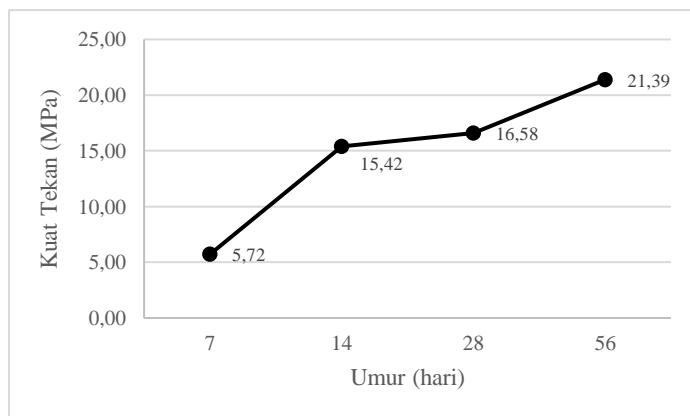
### 4.3.2.1 Variasi Kontrol (Tanpa Sukrosa)

**Tabel 4.14** Kuat Tekan Beton Geopolimer Variasi Kontrol (Tanpa Sukrosa)

Umur Hari	Dimensi	Berat kg	Kuat Tekan Ton	F.Koreksi 1 D.Silinder	F.Koreksi 2 L/D	Kuat Tekan MPa	Rata-Rata MPa
7	10 X 20	4,02	4,00	1,04	1,00	5,20	
	10 X 20	4,14	4,20	1,04	1,00	5,46	5,72
	10 X 20	4,10	5,00	1,04	1,00	6,50	
14	10 X 20	4,02	11,00	1,04	1,00	14,29	
	10 X 20	4,00	11,60	1,04	1,00	15,07	15,42
	10 X 20	4,00	12,10	1,04	1,00	15,72	
	10 X 15	4,04	13,30	1,04	0,96	16,59	
28	15 x 30	13,14	32,50	1,00	1,00	18,04	
	15 x 30	13,20	28,60	1,00	1,00	15,88	16,58
	15 x 30	13,02	28,50	1,00	1,00	15,82	
56	15 x 30	13,10	34,80	1,00	1,00	19,32	
	15 x 22,5	10,08	41,50	1,00	0,96	22,12	21,39
	15 x 22,5	10,10	39,50	1,00	0,96	21,05	
	15 x 22,5	10,00	43,30	1,00	0,96	23,08	

**Tabel 4.15** Klasifikasi Standar Deviasi Variasi Kontrol (Tanpa Sukrosa) Berdasarkan Hasil Kuat Tekan

Umur Hari	Kuat Tekan Rata-Rata MPa	Standart Deviasi	Klasifikasi S. Deviasi
7	5,20		
	5,46	0,69	Istimewa
	6,50		
14	14,29		
	15,07		
	15,42	0,97	Istimewa
	15,72		
28	16,59		
	18,04		
	15,88	1,27	Istimewa
	15,82		
56	19,32		
	22,12		
	21,39	1,61	Istimewa
	21,05		
	23,08		



**Gambar 4.6** Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi Kontrol (Tanpa Sukrosa)

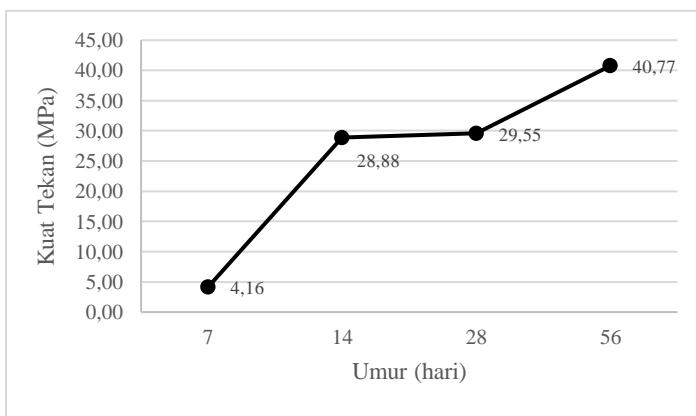
#### 4.3.2.2 Variasi 1 (Sukrosa 0,5%)

**Tabel 4.16** Kuat Tekan Beton Geopolimer Variasi 1 (Sukrosa 0,5%)

Umur Hari	Dimensi cm	Berat kg	Kuat Tekan Ton	F.Koreksi 1 D.Silinder	F.Koreksi 2 L/D	Kuat Tekan MPa	Rata-Rata MPa
7	10 X 20	4,10	3,3	1,04	1	4,29	4,16
	10 X 20	4,14	3,3	1,04	1	4,29	
	10 X 20	4,12	3	1,04	1	3,90	
14	10 X 20	4,02	24,6	1,04	1	31,96	28,88
	10 X 20	4,00	21,3	1,04	1	27,67	
	10 X 20	4,00	20,8	1,04	1	27,02	
28	15 x 30	13,48	62,4	1	1	34,64	29,55
	15 x 30	13,62	52	1	1	28,87	
	15 x 30	13,44	45,3	1	1	25,15	
56	15 x 22,5	10,00	73,4	1	0,96	39,12	40,77
	15 x 22,5	10,08	79,9	1	0,96	42,58	
	15 x 22,5	10,08	76,2	1	0,96	40,61	

**Tabel 4.17 Klasifikasi Standar Deviasi Variasi 1 (Sukrosa 0,5%) Berdasarkan Hasil Kuat Tekan**

Umur Hari	Kuat Tekan MPa	Rata-Rata MPa	Standart Deviasi	Klasifikasi S. Deviasi
7	4,29			
	4,29	4,16	0,22	Istimewa
	3,90			
14	31,96			
	27,67	28,88	2,68	Istimewa
	27,02			
28	34,64			
	28,87	29,55	4,78	Sangat Baik
	25,15			
56	39,12			
	42,58	40,77	1,74	Istimewa
	40,61			



**Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 1 (Sukrosa 0,5%)**

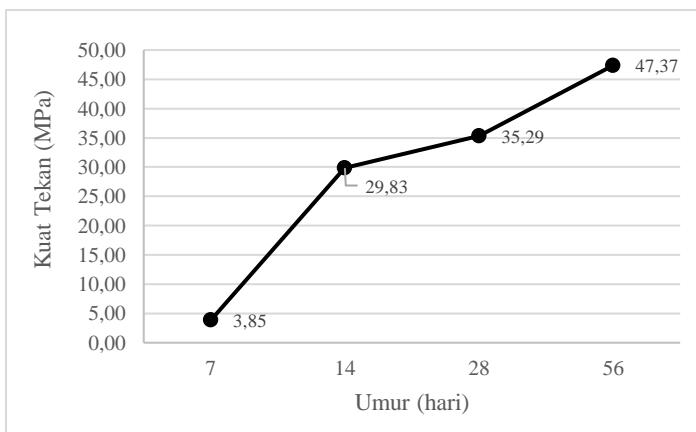
### 4.3.2.3 Variasi 2 (Sukrosa 1%)

**Tabel 4.18** Kuat Tekan Beton Geopolimer Variasi 2  
(Sukrosa 1%)

Umur Hari	Dimensi cm	Berat kg	Kuat Tekan Ton	F.Koreksi 1 D.Silinder	F.Koreksi 2 L/D	Kuat Tekan MPa	Rata-Rata MPa
7	10 X 20	4,06	2,9	1,04	1	3,77	
	10 X 20	4,16	3	1,04	1	3,90	3,85
	10 X 20	4,06	3	1,04	1	3,90	
14	10 X 20	4,02	22,6	1,04	1	29,36	
	10 X 20	3,94	23,7	1,04	1	30,79	29,83
	10 X 20	4,02	22,6	1,04	1	29,36	
28	10 X 20	3,98	28,3	1,04	1	36,76	
	10 X 20	3,98	27,3	1,04	1	35,46	35,29
	10 X 20	3,92	25,9	1,04	1	33,64	
56	10 X 20	4,04	42	1,04	1	54,56	
	10 X 20	3,96	35,8	1,04	1	46,50	47,37
	10 X 20	4,02	31,6	1,04	1	41,05	

**Tabel 4.19** Klasifikasi Standar Deviasi Variasi 2 (Sukrosa 1%)  
Berdasarkan Hasil Kuat Tekan

Umur Hari	Kuat Tekan MPa	Rata-Rata MPa	Standart Deviasi	Klasifikasi S. Deviasi
7	3,77			
	3,90	3,85	0,07	Istimewa
	3,90			
14	29,36			
	30,79	29,83	0,82	Istimewa
	29,36			
28	36,76			
	35,46	35,29	1,57	Istimewa
	33,64			
56	54,56			
	46,50	47,37	6,80	Baik
	41,05			



**Gambar 4.8** Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 2 (Sukrosa 1%)

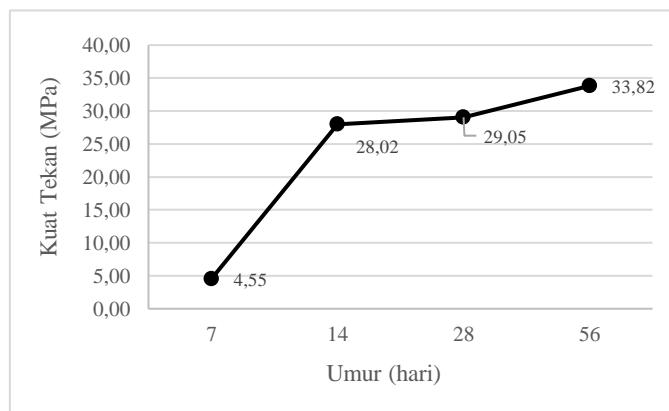
#### 4.3.2.4 Variasi 3 (Sukrosa 1,5%)

**Tabel 4.20** Kuat Tekan Beton Geopolimer Variasi 3 (Sukrosa 1,5%)

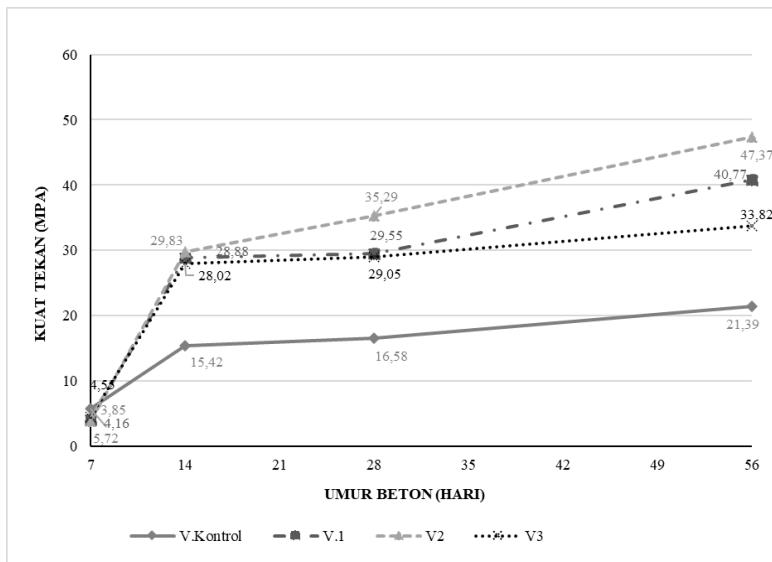
Umur Hari	Dimensi cm	Berat kg	Kuat Tekan F.Koreksi 1		F.Koreksi 2 L/D	Kuat Tekan MPa	Rata-Rata MPa
			Ton	D.Silinder			
7	10 X 20	3,98	3,60	1,04	1,00	4,68	
	10 X 20	4,04	3,50	1,04	1,00	4,55	4,55
	10 X 20	4,02	3,40	1,04	1,00	4,42	
14	10 X 20	3,94	20,30	1,04	1,00	26,37	
	10 X 20	4,06	20,70	1,04	1,00	26,89	28,02
	10 X 20	3,94	23,70	1,04	1,00	30,79	
28	10 X 20	3,90	20,90	1,04	1,00	27,15	
	10 X 20	3,92	21,30	1,04	1,00	27,67	29,05
	10 X 20	3,96	24,90	1,04	1,00	32,35	
56	10 X 20	3,98	25,60	1,04	1,00	33,25	
	10 X 20	3,96	24,20	1,04	1,00	31,44	33,82
	10 X 20	3,96	28,30	1,04	1,00	36,76	

**Tabel 4.21** Klasifikasi Standar Deviasi Variasi 3 (Sukrosa 1,5%) Berdasarkan Hasil Kuat Tekan

Umur Hari	Kuat Tekan MPa	Rata-Rata MPa	Standart Deviasi	Klasifikasi S. Deviasi
7	4,68			
	4,55	4,55	0,13	Istimewa
	4,42			
14	26,37			
	26,89	28,02	2,41	Istimewa
	30,79			
28	27,15			
	27,67	29,05	2,86	Istimewa
	32,35			
56	33,25			
	31,44	33,82	2,71	Istimewa
	36,76			



**Gambar 4.9** Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 3 (Sukrosa 1,5%)



**Gambar 4.10** Grafik Nilai Kuat Tekan Seluruh Variasi Beton Geopolimer

**Tabel 4.22** Nilai Kuat Tekan Beton Geopolimer Seluruh Variasi

Kode Variasi	Kuat Tekan Rata Rata (MPa)			
	7 Hari	14 Hari	28 Hari	56 Hari
V.Kontrol	5,72	15,42	16,58	21,39
V.1	4,16	28,88	29,55	40,77
V.2	3,85	29,83	35,29	47,37
V.3	4,55	28,02	29,05	33,82

Gambar 4.10 dan tabel 4.22 menunjukkan bahwa variasi beton geopolimer yang menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi ialah V.2 dengan komposisi Sukrosa sebesar 1%. Target kuat tekan rencana sebesar 35 MPa juga telah dicapai pada V.2 pada umur beton 28 hari. Sedangkan variasi 1 mencapai kuat tekan rencana pada umur beton 56 hari.

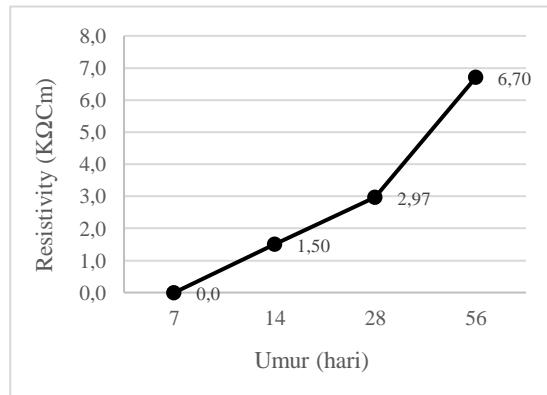
### 4.3.3 Pengujian Resistivity

Berikut hasil pengujian *resistivity* beton geopolimer yang dilakukan pada umur 7, 14, 28 dan 56 hari :

#### 4.3.3.1 Variasi Kontrol (Tanpa Sukrosa)

**Tabel 4.23** Nilai *Resistivity* Beton Geopolimer Variasi Kontrol (tanpa Sukrosa)

Umur Hari	Dimensi cm	Nilai Resistivity ( KΩcm)						Rata-Rata	Kualitas
		1	2	3	4	5	6		
7	10 x 20	-	-	-	-	-	-	1,48	Resiko Korosi Tinggi
	10 x 20	-	-	-	-	-	-		
	10 x 20	-	-	-	-	-	-		
14	10 x 20	1,5	1,6	1,7	1,4	1,3	1,4	1,50	Resiko Korosi Tinggi
	10 x 20	1,4	1,5	1,4	1,3	1,7	1,6		
	10 x 20	1,3	1,7	1,6	1,5	1,4	1,4		
	10 x 15	1,5	1,5	1,4	1,6	1,7	1,7		
28	15 x 30	4,7	3,0	3,6	3,8	4,1	4,1	2,97	Resiko Korosi Tinggi
	15 x 30	2,7	3,4	2,7	2,7	3,1	2,2		
	15 x 30	2,6	2,0	2,1	2,1	2,3	2,2		
56	15 x 30	6,8	6	6,5	6,7	5,6	5,8	6,70	Resiko Korosi Tinggi
	15 x 22,5	7,2	6,4	6,4	6,2	7,5	6,5		
	15 x 22,5	6,2	7,4	7,5	6,1	5,9	6,2		
	15 x 22,5	7,2	8,6	7,1	7,9	6,8	6,4		

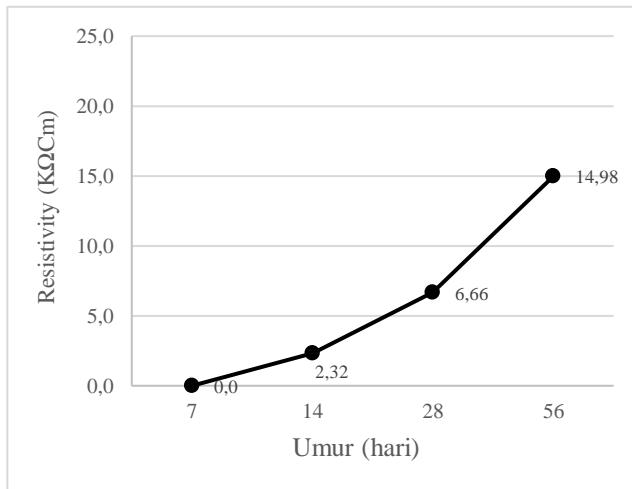


**Gambar 4.11** Grafik Hasil Pengujian *Resistivity* Variasi Kontrol (Tanpa Sukrosa)

### 4.3.3.2 Variasi 1 (Sukrosa 0,5%)

**Tabel 4.24** Nilai Resistivity Beton Geopolimer Variasi 1  
(Sukrosa 0,5%)

Umur Hari	Dimensi cm	Nilai Resistivity (KΩcm)						Rata-Rata $\bar{X}$	Kualitas
		1	2	3	4	5	6		
7	10 x 20	-	-	-	-	-	-	2,4	Resiko
	10 x 20	-	-	-	-	-	-		Korosi
	10 x 20	-	-	-	-	-	-		Tinggi
14	10 x 20	2,3	2,4	2,3	2,5	2,4	2,5	2,32	Resiko
	10 x 20	2,4	2,5	2,2	2,3	2,4	2,3		Korosi
	10 x 20	2,2	2,3	2,2	2,2	2,3	2,1		Tinggi
28	15 x 30	5,8	4,9	6,2	6,7	6,2	5,7	5,92	Resiko
	15 x 30	6,2	7	7,1	8	6,1	7		Korosi
	15 x 30	6,9	7,4	7,2	8,2	6,5	6,7		Tinggi
56	15 x 22,5	12,7	13,2	13,4	14,4	14,7	17,2	14,3	Resiko
	15 x 22,5	19,7	15,0	13,8	17,5	14,3	14,8		Korosi
	15 x 22,5	13,7	14,0	13,2	17,8	13,5	16,7		Sedang

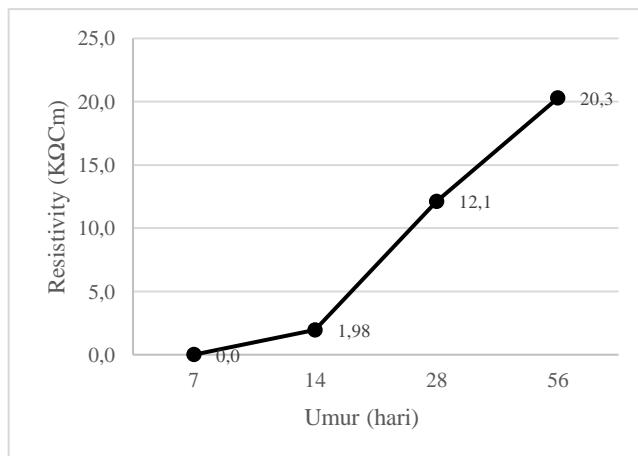


**Gambar 4.12** Grafik Hasil Pengujian Resistivity Variasi 1  
(Sukrosa 0,5%)

### 4.3.3.3 Variasi 2 (Sukrosa 1%)

**Tabel 4.25** Nilai Resistivity Beton Geopolimer Variasi 2  
(Sukrosa 1%)

Umur Hari	Dimensi cm	Nilai Resistivity (KΩcm)						Rata-Rata $\bar{X}$	Kualitas
		1	2	3	4	5	6		
7	10 x 20	-	-	-	-	-	-	1,9	Resiko
	10 x 20	-	-	-	-	-	-		Korosi
	10 x 20	-	-	-	-	-	-		Tinggi
14	10 x 20	2,3	1,4	2,1	2,1	2	1,7	1,98	Resiko
	10 x 20	2,1	2,2	2,1	2,2	2,4	2,2		Korosi
	10 x 20	1,7	1,8	2,0	1,8	1,9	1,6		Tinggi
28	10 x 20	14,5	15,0	13,0	12,6	13,1	11,8	13,3	Resiko
	10 x 20	10,4	11,8	11,6	12,5	13,2	13,2		Korosi
	10 x 20	11,9	10,8	11,3	10,6	10,0	11,2		Sedang
56	10 x 20	23,2	24,6	22,2	23,9	20,7	20,6	22,5	Resiko
	10 x 20	18,0	19,5	20,0	18,0	21,3	13,5		Korosi
	10 x 20	17,0	19,5	20,0	18,0	22,0	23,0		Sedang

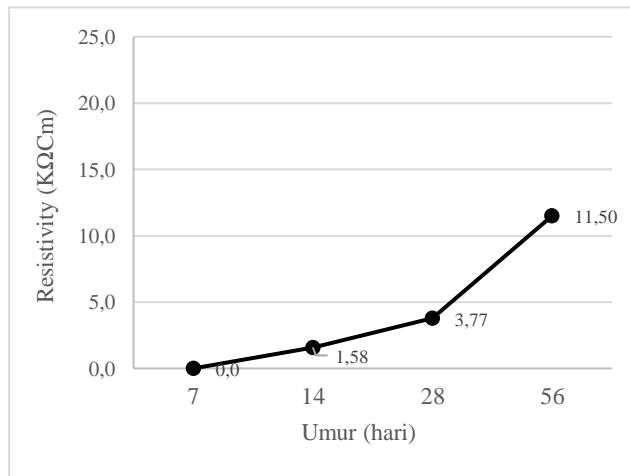


**Gambar 4.13** Grafik Hasil Pengujian Resistivity Variasi 2  
(Sukrosa 1%)

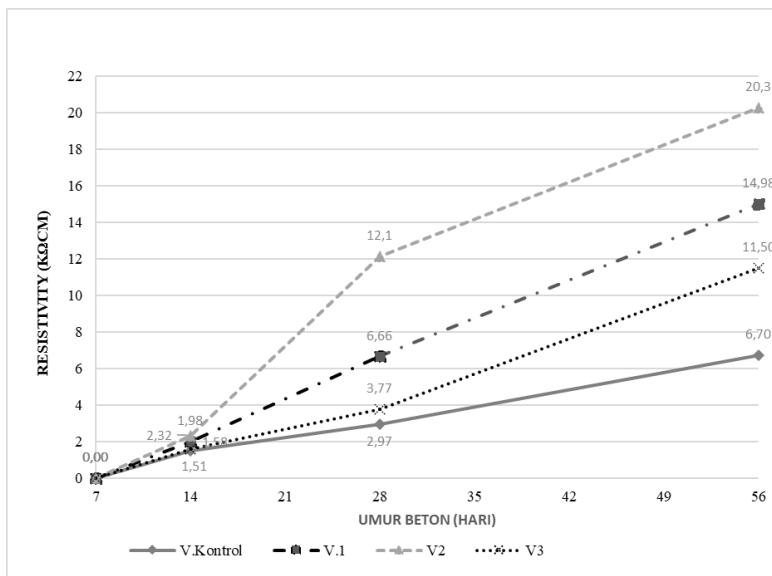
#### 4.3.3.4 Variasi 3 (Sukrosa 1,5%)

**Tabel 4.26** Nilai Resistivity Beton Geopolimer Variasi 3  
(Sukrosa 1,5%)

Umur Hari	Dimensi cm	Nilai Resistivity (KΩcm)						Rata-Rata $\bar{X}$	Kualitas
		1	2	3	4	5	6		
7	10 x 20	-	-	-	-	-	-	1,55	Resiko
	10 x 20	-	-	-	-	-	-		Korosi
	10 x 20	-	-	-	-	-	-		Tinggi
14	10 x 20	1,7	1,4	1,4	1,8	1,4	1,6	1,58	Resiko
	10 x 20	1,5	1,6	1,7	1,4	1,5	1,6		Korosi
	10 x 20	1,7	1,6	1,8	1,6	1,7	1,5		Tinggi
28	10 x 20	3,9	3,7	5,1	4,1	3,1	3,8	3,77	Resiko
	10 x 20	4,6	3,4	2,7	4,6	4,3	3,3		Korosi
	10 x 20	3,6	2,9	3,3	3,9	3,8	3,8		Tinggi
56	10 x 20	10,4	11,8	11,6	12,5	13,2	12,2	11,50	Resiko
	10 x 20	11,9	10,2	11,3	10,6	10,0	11,2		Korosi
	10 x 20	10,0	11,8	11,6	12,0	12,5	12,2		Sedang



**Gambar 4.14** Grafik Hasil Pengujian Resistivity Variasi 3  
(Sukrosa 1,5%)



**Gambar 4.15** Grafik Nilai *Resistivity* Seluruh Variasi Beton Geopolimer

**Tabel 4.27** Nilai *Resistivity* Beton Geopolimer Seluruh Variasi

Kode Variasi	Resistivity ( $\text{K}\Omega\text{cm}$ )			
	7 Hari	14 Hari	28 Hari	56 Hari
V.Kontrol	-	1,51	2,97	6,70
V.1	-	1,98	6,66	14,98
V.2	-	2,32	12,1	20,3
V.3	-	1,58	3,77	11,50

Gambar 4.15 dan tabel 4.27 menunjukkan bahwa variasi beton geopolimer yang menghasilkan nilai *resistivity* tertinggi diseluruh umur beton ialah V.2 dengan komposisi *admixture* 1%. Meskipun nilai tertinggi terdapat pada V.2, kualitas dari beton geopolimer tersebut masih tergolong pada kategori resiko korosi sedang sehingga masih rawan terhadap zat yang bersifat korosif.

#### 4.3.4 Pengujian Porositas

Berikut hasil pengujian porositas beton geopolimer seluruh variasi yang dilakukan pada umur 28 hari :

##### 4.3.4.1 Variasi Kontrol (Tanpa Sukrosa)

**Tabel 4.28** Nilai Porositas Beton Geopolimer Variasi Kontrol  
(tanpa Sukrosa)

Sampel	Oven 1 (gr)	Oven 2 (gr)	Berat Dalam Air (gr)	Berat SSD (gr)	Nilai Porositas (%)
1	921,3	918,2	576,4	966,6	12,40
2	841,7	837,6	522,4	889,7	14,18
3	854,8	850,9	531,7	903,1	14,05
Rata Rata					13,55

##### 4.3.4.2 Variasi 1 (Sukrosa 0,5%)

**Tabel 4.29** Nilai Porositas Beton Geopolimer Variasi 1  
(Sukrosa 0,5%)

Sampel	Oven 1 (gr)	Oven 2 (gr)	Berat Dalam Air (gr)	Berat SSD (gr)	Nilai Porositas (%)
1	846,7	843,7	538	881,3	10,95
2	1066,4	1061,7	675,6	1109,6	11,04
3	930,1	926,7	590,1	967,6	10,83
Rata Rata					10,94

##### 4.3.4.3 Variasi 2 (Sukrosa 1%)

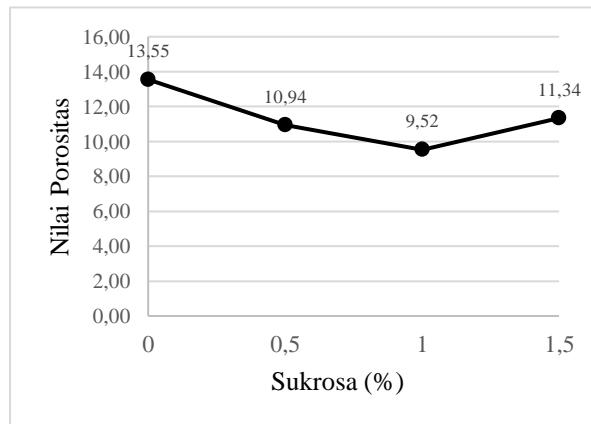
**Tabel 4.30** Nilai Porositas Beton Geopolimer Variasi 2  
(Sukrosa 1%)

Sampel	Oven 1 (gr)	Oven 2 (gr)	Berat Dalam Air (gr)	Berat SSD (gr)	Nilai Porositas (%)
1	921,6	920,3	580,9	956,2	9,57
2	1035	1033,5	656,3	1070,8	9,00
3	877,7	875,9	554,6	911,6	10,00
Rata Rata					9,52

#### 4.3.4.4 Variasi 3 (Sukrosa 1,5%)

**Tabel 4.31** Nilai Porositas Beton Geopolimer Variasi 3  
(Sukrosa 1,5%)

Sampel	Oven 1 (gr)	Oven 2 (gr)	Berat Dalam Air (gr)	Berat SSD (gr)	Nilai Porositas (%)
1	959,8	958,1	580,7	1007,3	11,53
2	1044,5	1043,4	638,3	1099,5	12,16
3	904,2	903,2	547,1	950,7	11,77
Rata Rata					11,82



**Gambar 4.16** Grafik Nilai Porositas Seluruh Variasi Beton Geopolimer

**Tabel 4.32** Nilai Porositas Beton Geopolimer Seluruh Variasi

Variasi Sukrosa	Nilai Porositas
V.Kontrol (Tanpa Sukrosa)	13,55 %
V.1 (Sukrosa 0,5%)	10,94 %
V.2 (Sukrosa 1%)	9,52 %
V.3 (Sukrosa 1,5%)	11,34 %

Gambar 4.16 dan tabel 4.32 menunjukkan bahwa variasi beton geopolimer yang menghasilkan nilai porositas terendah adalah beton ialah V.2 dengan komposisi *admixture* 1%. Hal itu berarti pori yang dimiliki oleh beton V.2 lebih sedikit dibandingkan dengan dengan variasi lainnya. Tidak ada kategori % pori terhadap kualitas beton. Namun Beton yang memiliki terlalu banyak pori pori dapat dipastikan mudah dilalui oleh rembesan air atau senyawa kimia (yang bersifat korosif) dapat mempengaruhi performa dan durabilitas beton geopolimer itu sendiri.

### **4.3.5 Pengujian Permeability**

Hasil Pengujian *permeability* tidak semua umur variasi diuji dikarenakan alat uji mengalami kerusakan pada vakum dan pompa. Sehingga berikut hasil uji *permeability* yang sempat diuji sebelum alat mengalami kerusakan :

#### **4.3.5.1 Variasi Kontrol (Tanpa Sukrosa)**

Pada variasi kontrol, uji *permeability* dilakukan pada beton geopolimer umur 28 Hari.

**Tabel 4.33** Nilai *Permeability* Beton Geopolimer Variasi Kontrol (tanpa Sukrosa) Umur 28 Hari

Umur Hari	Dimensi cm	L mm	kT $10^{-16} \cdot m^2$	Rata-Rata $10^{-16} \cdot m^2$	Kualitas Beton
28	15 x 30	50,3	0,893		
	15 x 30	51,3	0,800	0,7983	Normal
	15 x 30	51,5	0,702		

#### **4.3.5.2 Variasi 1 (Sukrosa 0,5%)**

Pada variasi 1, uji *permeability* dilakukan pada beton geopolimer umur 28 Hari.

**Tabel 4.34** Nilai *Permeability* Beton Geopolimer Variasi 1  
(Sukrosa 0,5%) Umur 28 Hari

Umur Hari	Dimensi cm	L mm	kT $10^{-16} \cdot m^2$	Rata-Rata $10^{-16} \cdot m^2$	Kualitas Beton
28	15 x 30	15	0,051		
	15 x 30	8,5	0,015	0,038	Baik
	15 x 30	15,6	0,048		

#### 4.3.5.3 Variasi 2 (Sukrosa 1%)

Pada variasi 2, uji *permeability* dilakukan pada beton geopolimer umur 7 dan 14 Hari.

**Tabel 4.35** Nilai *Permeability* Beton Geopolimer Variasi 2  
(Sukrosa 1%) Umur 7 dan 14 Hari

Umur Hari	Dimensi cm	L mm	kT $10^{-16} \cdot m^2$	Rata-Rata $10^{-16} \cdot m^2$	Kualitas Beton
7	7 x 15	44,4	0,452		
	7 x 15	44,8	0,482	0,417	Normal
	6,5 x 15	39,2	0,318		
14	7 x 15	16,1	0,054		
	7 x 15	13,7	0,040	0,041	Baik
	6,5 x 15	11,7	0,029		

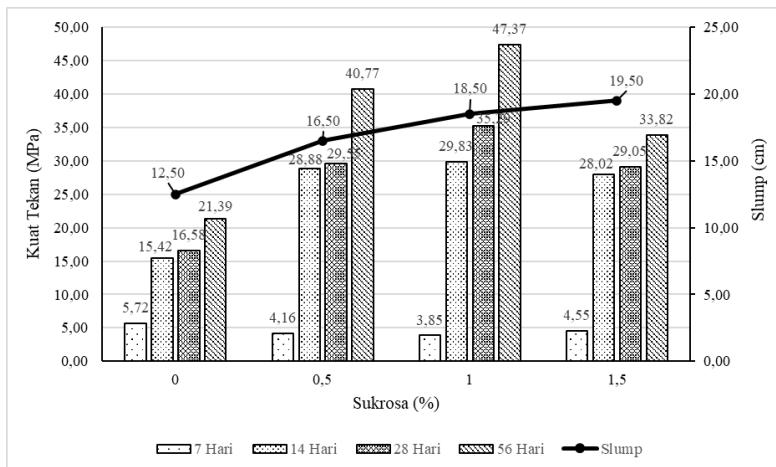
#### 4.3.5.4 Variasi 3 (Sukrosa 1,5%)

Pada variasi 2, uji *permeability* dilakukan pada beton geopolimer umur 7 dan 14 Hari.

**Tabel 4.36** Nilai *Permeability* Beton Geopolimer Variasi 3  
(Sukrosa 1,5%) Umur 7 dan 14 Hari

Umur Hari	Dimensi cm	L mm	kT $10^{-16} \cdot m^2$	Rata-Rata $10^{-16} \cdot m^2$	Kualitas Beton
7	10 x 15	51,1	0,939	0,813	Normal
	8 x 15	48,7	0,700		
	8,5 x 15	48,9	0,801		
14	10 x 15	32,9	0,248	0,253	Normal
	8 x 15	33,5	0,256		
	8,5 x 15	33,4	0,254		

#### 4.4 Analisa Pengaruh Penambahan *Admixture* (Sukrosa) Terhadap Kuat Tekan dan *Workability* Beton Geopolimer



**Gambar 4.17** Grafik Korelasi Hubungan antara Kuat Tekan dengan *Workability*

Grafik korelasi hubungan antara kuat tekan dengan *workability* (gambar 4.17) menunjukkan bahwa pemberian *admixture* berupa sukrosa dapat menambah nilai kuat tekan sekaligus memperbesar nilai slump. Penambahan sukrosa dapat

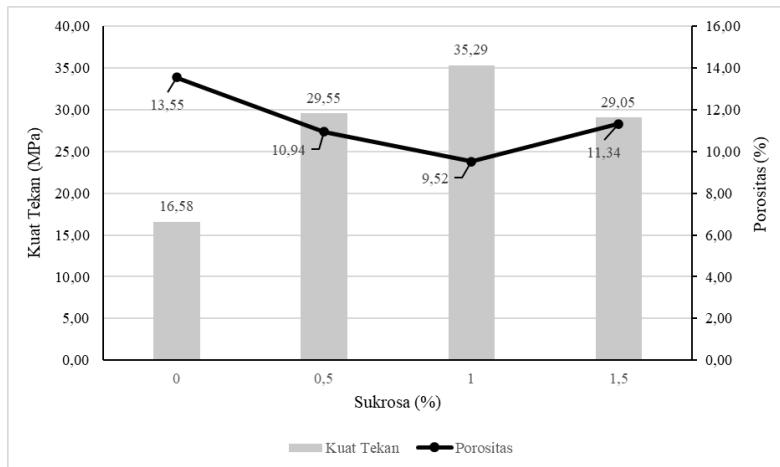
mempengaruhi mikrostruktur pada reaksi polimerisasi sehingga mengencerkan adonan beton geopolimer (Samuel Demie, Muhs Fadhil & Nasir Shafiq (2013)). Hal itu menyababkan *workability* meningkat yang ditunjukkan dengan peningkatan nilai *slump*. Viskositas yang tinggi pada V.Kontrol yang ditandai dengan rendahnya nilai *slump* mengakibatkan reaksi yang terjadi tidak merata/tidak semuanya bereaksi dengan sempurna. Penambahan *admixture* berupa sukrosa dapat menurunkan viskositas yang ditandai dengan peningkatan nilai *slump* serta memperlambat reaksi antara partikel *fly ash* dengan alkali aktivator (Rattanasak, Pankhet, & Chindaprasirt, (2011)). Sehingga reaksi polimerisasi dapat lebih merata (Chindaprasirt & Chalee, 2014). Hal itu ditunjukkan dengan terjadinya kenaikan kuat tekan yang cukup signifikan, yaitu sebesar 37% - 55%. Namun penurunan kuat tekan dialami ketika komposisi *admixture* sebesar 1,5%. Hal ini disebabkan karena molekul CHOH pada sukrosa terlalu menutupi partikel *fly ash* serta pemberian *admixture* dapat mempengaruhi perilaku alkali aktivator pada proses pengikatan beton geopolimer (P. Pavithra dkk,(2016)) sehingga menghambat reaksi polimerisasi. Hal itu menyababkan ikatan antar partikel *fly ash* dengan alkali aktivator menjadi lemah. Hal ini juga menunjukkan bahwa pemberian sukrosa yang terlalu banyak juga dapat menurunkan nilai kuat tekan beton geopolimer (Marthin D. J. Sumajouw, (2014)). Sehingga pada penelitian ini *admixture* berupa sukrosa yang paling efektif untuk beton geopolimer dengan komposisi konsentrasi NaOH 10 M dengan perbandingan aktivator 1:1 adalah sebesar 1% *admixture*. Karena komposisi tersebut dapat memperbaiki *workability* beton geopolimer tanpa menurunkan kuat tekannya.

Kenaikan kuat tekan yang signifikan perlu diteliti terlebih lanjut dikarenakan banyak faktor yang mempengaruhi seperti suhu *curing*, lama waktu saat pengecoran, suhu pengecoran, dan lain sebagainya. Karena seperti pada jurnal yang ditulis oleh Samuel Demie dkk (2013), Pavithra dkk (2016), Lateef N. Assi

dkk (2018), dan masih banyak lagi menyebutkan bahwa pemberian *admixture* hanya mempengaruhi sedikit sekali terhadap kuat tekan beton. Sedangkan pada jurnal yang ditulis oleh Andri kusbiantoro dkk (2013) pemberian *admixture* malah melemahkan kuat tekan beton geopolimer tersebut dibandingkan dengan beton yang tidak menggunakan *admixture*. Reaksi mikrostruktur yang terjadi antara sukrosa dengan alkali aktivator serta *fly ash* pada saat reaksi polimerisasi juga perlu diteliti lebih lanjut. Karena Penambahan *admixture* juga dapat mempengaruhi perilaku alkali aktivator pada proses pengikatan beton geopolimer (P. Pavithra dkk,(2016)).

#### **4.5 Analisa Pengaruh Penambahan *Admixture* (Sukrosa) Terhadap Kuat Tekan dengan Parameter Pengujian lain.**

##### **4.5.1 Kuat Tekan dengan Pengujian Porositas**



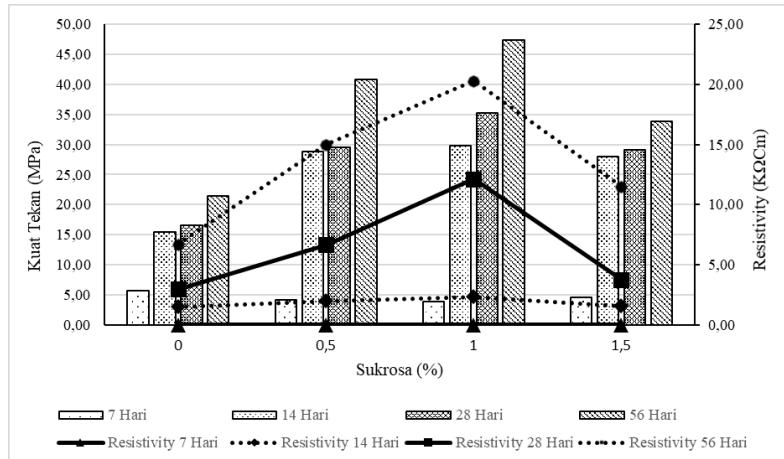
**Gambar 4.18** Grafik Korelasi Hubungan antara Kuat Tekan dengan Porositas

Grafik korelasi hubungan antara kuat tekan dengan porositas (gambar 4.18) menunjukkan bahwa pemberian

*admixture* berupa sukrosa dapat memperkecil porositas pada beton. Kecilnya pori yang terdapat pada beton diikuti dengan naiknya kuat tekan pada beton geopolimer tersebut. Pemberian sukrosa dapat menurunkan porositas beton geopolimer sebesar 13% - 30%. Hal ini disebabkan karena variasi yang tidak menggunakan *admixture* (V.Kontrol) terdapat celah pada zona transisi interfasial. Zona transisi interfasial adalah zona pertemuan antara mineral agregat dan pengikat dalam sistem *cementious*. Celah ini yang kemudian menjadi pori pada beton. Penambahan *admixture* dapat mengisi celah yang sulit dijangkau oleh partikel semen tersebut, sehingga celah pada zona transisi interfacial tertutup. Semakin banyak % sukrosa yang ditambahkan, semakin tertutup celah pada zona interfacial tersebut (Samuel Demie, Muhd Fadhil & Nasir Shafiq (2013)).

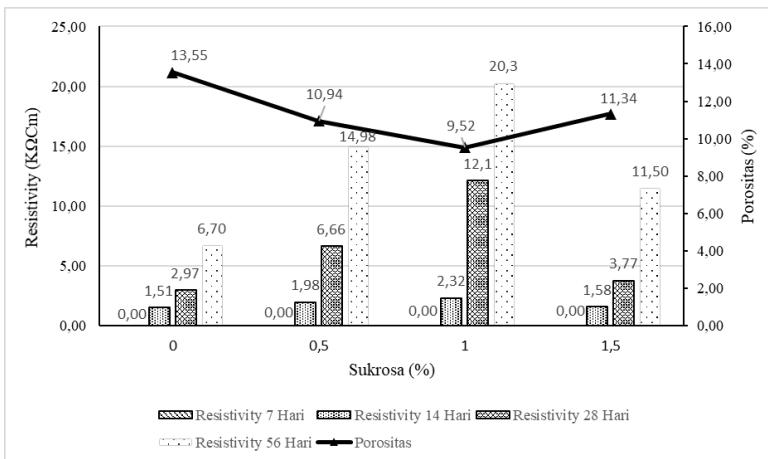
Namun peningkatan nilai porositas terjadi ketika 1,5% *admixture* ditambahkan (pada sampel V.3). Hal ini kemungkinan disebakan oleh 2 hal. Pertama, karena saat pelaksaan kurang digetarkan sehingga void yang ada pada beton geopolimer masih terperangkap sehingga menyebabkan pori. Kedua, dikarenakan pada penelitian ini menggunakan aktuator berupa NaOH sebesar 10 M (termasuk molaritas rendah) sehingga kemampuan untuk bereaksi dengan *fly ash* juga rendah. Penyebab porositas pada beton geopolimer (khususnya) tergantung pada alkali aktuator itu sendiri beserta kandungan silika yang terdapat pada *fly ash* (Kushal Ghosh dkk (2012)). Ketika kemampuan untuk bereaksi rendah maka kemungkinan untuk terbentuknya suatu produk beton geopolimer yang solid juga berkurang ditandai dengan munculnya pori pada beton (Suresh Thokchom dkk (2009)). Hal itu ditunjukkan dengan menurunnya pula kuat tekan pada V.3.

#### 4.5.2 Kuat Tekan dengan Pengujian Resistivity



**Gambar 4.19** Grafik Korelasi Hubungan antara Kuat Tekan dengan *Resistivity*

Grafik korelasi hubungan antara kuat tekan dengan *resistivity* (gambar 4.19) menunjukkan bahwa pemberian *admixture* berupa sukrosa dapat menambah nilai kuat tekan sekaligus memperbesar nilai resistivity. Penambahan sukrosa meningkatkan nilai resistivity sebesar 42% - 68% dari variasi tanpa sukrosa (V.Kontrol). Semakin besar nilai resistivity semakin besar pula nilai kuat tekan beton geopolimer. Hal ini disebabkan karena nilai *resistivity* dipengaruhi oleh porositas beton itu sendiri. Semakin besar porositas pada suatu beton semakin rendah nilai *resistivity*, hal itu juga berpengaruh pada kuat tekan beton tersebut. Hubungan porositas dengan *resistivity* dapat dilihat pada gambar 4.18.



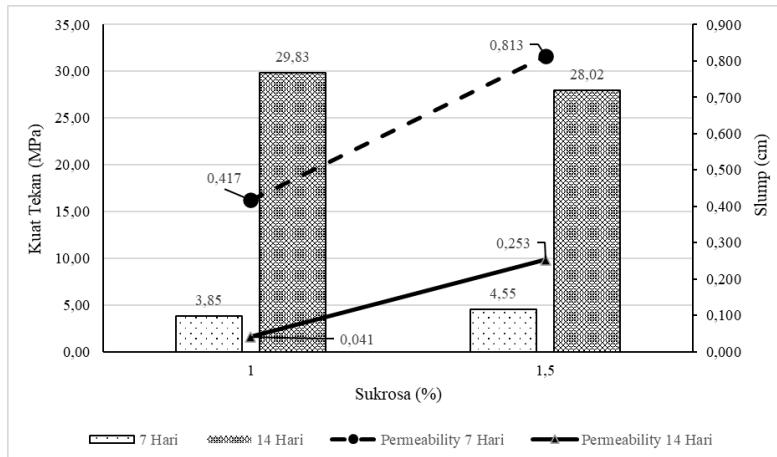
**Gambar 4.20** Grafik Korelasi Hubungan antara *Resistivity* dengan Porositas

Semakin bertambahnya usia beton semakin bertambah pula nilai *resistivity* yang diikuti dengan bertambahnya kuat tekan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai resistivity masih tidak terbaca pada umur 7 hari, yang mana kuat tekan beton geopolimer pada umur 7 hari juga masih rendah. Semakin besar nilai *resistivity* pada suatu beton maka semakin besar pula energi yang dibutuhkan suatu elektron untuk melaluinya, serta perpindahan ion pada anoda dan katoda akan semakin sulit, sehingga beton tersebut akan lebih tahan terhadap korosi. Hal ini juga berkaitan dengan penetrasi klorida. Penetrasi klorida akan cepat masuk kedalam beton yang memiliki resistivitas rendah (Zainal dkk, 2015).

Komposisi beton geopolimer menggunakan *fly ash* tipe C dengan alkali aktivator NaOH sebesar 10 M serta perbandingan rasio aktivator sebesar 1:1 pada penelitian ini belum menunjukkan keunggulan beton geopolimer dari sisi ketahanan terhadap bahan kimia yang bersifat

merusak (korosif) seperti yang disebutkan pada jurnal oleh Tajunnisa, dkk (2016), dikarenakan tingkat korosi masih sedang. Perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh tipe *fly ash*, besarnya konsentrasi alkali aktivator serta penambahan *admixture* pada ketahanan beton geopolimer terhadap ketahanan dari bahan kimia yang merusak (korosif). Suhu *curing* juga hal yang perlu diperhatikan karena dapat mempengaruhi nilai *resistivity* secara signifikan (Cai dkk, 2020).

#### 4.5.3 Kuat Tekan dengan Pengujian *Permeability*



**Gambar 4.21** Grafik Korelasi Hubungan antara Kuat Tekan dengan *Permeability*

Hubungan antara kuat tekan dengan *permeability* (gambar 4.21), data yang dapat digunakan untuk grafik korelasi hubungan adalah variasi 2 dan variasi 3. Hal itu karena hanya kedua variasi tersebut yang diuji *permeability* di kedua umur, yaitu umur 7 dan 14 hari. Berdasarkan grafik hubungan korelasi tersebut belum bisa menunjukkan dengan pasti hubungan pemberian

*admixture* berupa sukrosa terhadap *permeability* beton dan kuat tekannya, karena kekurangan data pada variasi lain terutama V.Kontrol yang tidak menggunakan sukrosa. Idealnya pemberian sukrosa dapat memperkecil nilai *permeability* sehingga kualitas beton geopolimer menjadi lebih bagus dibandingkan dengan beton geopolimer tanpa sukrosa, karena seperti yang dijelaskan pada hubungan kuat tekan dengan parameter lainnya, pemberian sukrosa dapat menurunkan viskositas beton, sehingga adonan beton lebih encer dan reaksi polimerisasi antara partikel *fly ash* dengan alkali lebih merata (Rattanasak, Pankhet, & Chindaprasirt, (2011)). Karena pemberian sukrosa dapat menjadikan reaksi polimerisasi lebih merata yang ditunjukkan dengan kenaikan kuat tekan, otomatis kualitas beton tersebut semakin baik. Kualitas beton yang baik ditandai dengan nilai *permeability* yang rendah.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Desain komposisi beton geopolimer menggunakan 4 variasi penambahan *admixture* berupa sukrosa yaitu: 0% 0,5%; 1%; dan 1,5% surkosa; dengan rasio NaOH : Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> sebesar 1 : 1; serta menggunakan pencampuran metode kering. Hasil target kuat tekan rencana sebesar 35 MPa dipenuhi oleh V.2 yaitu dengan penambahan *admixture* berupa sukrosa sebesar 1% pada usia 28 hari, yaitu sebesar 35,29 MPa.
2. Banyaknya penambahan *admixture* berupa sukrosa dapat memperbaiki *workability* beton geopolimer. Hal itu ditunjukkan dengan bertambahnya nilai *slump*. Hasilnya nilai *slump* pada V.Kontrol (tanpa *admixture*), V.1 (*admixture* 0,5%), V.2 (*admixture* 1%) dan V.3 (*admixture* 1,5%) berturut-turut adalah 12,5 cm, 16,5 cm, 18,5 cm, dan 19,5 cm. Berdasarkan PBBI 1971 dan ACI 211 telah memenuhi standart untuk pekerjaan struktur dengan catatan mutu beton yang disyaratkan terpenuhi.
3. Penambahan *admixture* yang paling efektif untuk beton geopolimer dengan konsentrasi NaOH sebesar 10 M; rasio NaOH : Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> sebesar 1 : 1 serta menggunakan pencampuran metode kering sebesar 1% (V2). Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya *workability* yang dapat dilihat dengan besarnya nilai *slump* (12,5 cm menjadi 16,5 cm) tanpa mengurangi kuat tekan beton geopolimer tersebut.

4. Hubungan hasil kuat tekan dengan parameter lain seperti: kuat tekan dengan *resistivity* berbanding lurus, dimana semakin tinggi nilai *resistivity* semakin tinggi juga nilai kuat tekan, dan untuk kuat tekan dengan porositas berbanding terbalik, dimana semakin kecil persentase nilai porositas semakin besar nilai kuat tekan beton geopolimer.

## 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjut mengenai kenaikan kuat tekan yang signifikan setelah ditambahkannya *admixture* berupa sukrosa pada beton geopolimer, khususnya pada sistem pencampuran kering. Penelitian lebih lanjut yang dapat dilakukan seperti analisa mikrostruktur akibat penambahan sukrosa yaitu dengan melakukan pengujian FESEM.
2. Penelitian selanjutnya perlu standarisasi dalam pembuatan semen dan beton geopolimer, seperti :
  - Konsistensi jumlah putaran dan kecepatan pada saat proses grinding semen geopolimer.
  - Konsistensi kecepatan molen pada saat pengecoran beton geopolimer dan lama waktu pengecoran beton geopolimer
3. Wajib dilakukan dokumentasi seluruh kegiatan penelitian. Mulai dari proses pembuatan semen geopolimer, proses *mixing* beton geopolimer, serta pengujian beton geopolimer.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- A. Fernández-Jiménez, A. Palomo. 2005. Composition and microstructure of alkali activated fly ash binder: Effect of the activator. *Cement and Concrete Research*. Volume 35, Issue 10, Pages 1984-1992.
- Akash Dakhane, Shannon Tweedley, Siva Kailas, Robert Marzke, Narayanan Neithalath. 2017. Mechanical and microstructural characterization of alkali sulfate activated high volume fly ash binders. *Materials & Design*. Volume 122, 15 May 2017, Pages 236-246.
- Ali A. Aliabdo, Abd Elmoaty M. Abd Elmoaty, Hazem A. Salem. 2016. Effect of water addition, plasticizer and alkaline solution constitution on fly ash based geopolymer concrete performance. *Construction and Building Materials* 121. pp. 694–703.
- Andri Kusbiantoro, Mohd Sobri Ibrahim, Khairunisa Muthusamy, Aizat Alias. 2013. Development of sucrose and citric acid as the natural based admixture for fly ash based geopolymer. Faculty of Civil Engineering and Earth Resources, Universiti Malaysia Pahang, Gambang 26300, Malaysia.
- Antoni, Stephen Wibiatma Wijaya1, Juan Satria1, Agung Sugiarto and Djwantoro Hardjito. 2016. The Use of Borax in Deterring Flash Setting of High Calcium Fly Ash Based Geopolymer. *Materials Science*. ISSN: 1662-9752, Vol. 857, pp 416-420.
- ASTM C 29/C 29M-97. 2003. Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate, United Stated.

ASTM C 33-03. 2003. Standard Specification for Concrete Aggregates, United Stated.

ASTM C 39 / C 39M-03 .2003. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, United Stated.

ASTM C 40-04. 2004. Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete, United Stated.

ASTM C 127, - 01. Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate.

ASTM C 136-01, Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, United Stated.

ASTM C 143 / C 143M-03, Standard Test Method for Slump of Hydraulic- Cement Concrete, United Stated.

ASTM C188 – 95, 1995, Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement, ASTM Internasional

ASTM C618-15. 2015. Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete.

ASTM C 642-90."Standard Test Method for Specific Gravity, Absorption, and Voids in Hardened Concrete" American Society for Testing of Concretes",1991

Byung-wan Jo, Seung-kook Park, Jong-bin Park. 2007. Properties of concrete made with alkali-activated fly ash lightweight aggregate (AFLA). Cement and Concrete Composites. Volume 29, Issue 2, February 2007, Pages 128-135.

Behzad Nematollahi, Jay Sanjayan. 2014. Effect of different superplasticizers and activator combinations on workability and strength of fly ash based geopolymers. Materials and Design 57. Pp. 667–672.

- B. Singh, Ishwarya G., M. Gupta, S.K. Bhattacharyya. 2015. Geopolymer concrete: A review of some recent developments. *Construction and Building Materials* 85. Pp. 78–90.
- Chindaprasirt P, Silva PD, Crentsil KS, Hanjitsuwan S. 2012. Effect of SiO<sub>2</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on the setting and hardening of high calcium fly ash-based geopolymers systems. *J Mater Sci.* 47:4876–83.
- C.K. Yip, G.C. Lukey, J.S.J. Van Deventer. 2005. The coexistence of geopolymeric gel and calcium silicate hydrate at the early stage of alkaline activation, *Cem. Concr. Res.* 35 (9). 1688–1697.
- Davidovits, J. 1991. Geopolymer : Inorganic Polymeric New Materials, Geopolymer Institut, France.
- Davidovits, J. 1999. Geopolymer Chemistry and Applications, Saint-Quentin: Geopolymer Institut.
- Davidovits, J. 2008. Geopolymer Chemistry and Applications, 2nd edition, Geopolymer Institut, France.
- Davidovits, Joseph. 2011. “Geopolymer Chemistry and Application 3<sup>rd</sup> edition”, France : Institut Geopolymer.
- D. Hardjito, S. E. Wallah, D. M. J. Sumajouw, and B. V. Rangan. 2004. On the development of fly ash-based geopolymers concrete. *ACI Materials Journal*, vol. 101, no. 6, pp. 467–472.
- Farah Farhana Zainal ,Kamarudin Hussin, Azmi Rahmat, Mohd Mustafa Al Bakri Abdullah, Shaiful Rizam, Mohammad Tamizi Selimin and Andrei Victor Sandu. 2015. The Electrical Resistivity of Geopolymer Paste by using Wenner Four Probe Method. *Key Engineering Materials*. ISSN: 1662-9795, Vol. 660, pp 28-33.

- Guo X, Shi H, Dick WA. 2010. Compressive strength and microstructural characteristics of class C fly geopolymer. *Cem Concr Comp.* 32:142–7.
- Hardjito, D. 2005. Studies on Fly Ash-Based Geopolymer Concrete. Perth: Curtin's Institutional Research Repository.
- Hardjito, D., dan Rangan, B. V. 2005. Development and properties of low-calcium fly ash-based geopolymer concrete, Curtin Univ. Of Technology, Perth, Australia.
- Himawan,A., Darma,D.S., 2000. Penelitian Mengenai Awal Self Compacting Concrete, Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Petra.
- I. García-Lodeiro, A. Palomo, A. Fernández-Jiménez. 2007. Alkali–aggregate reaction in activated fly ash systems, *Cem. Concr. Res.* 37 (2) 175–183.
- Jang JG, Lee NK, Lee HK. 2014. Fresh and hardened properties of alkali-activated fly ash/slag pastes with superplasticizers. *Constr Build Mater.* 50:169–76.
- Jingming Cai, Jinlong Pan, Xiaopeng Li, Jiawei Tan, Jiabin Li. 2020. Electrical resistivity of fly ash and metakaolin based geopolymers. *Construction and Building Materials.* Volume 234 (2020) 117868.
- Kosnatha, S. dan Utomo, JP. 2007. Komposisi dan Karakteristik Beton Geopolimer Dari Fly Ash Tipe C Dan Tipe F, Fakultas Teknik Dan Perencanaan, Universitas Kristen Petra Surabaya.
- Kushal Ghosh and Dr. Partha Ghosh. 2012. Effect of %Na<sub>2</sub>O and %SiO<sub>2</sub> on Apperent Porosity And Sorptivity of Flyash Based Geopolymer. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN).* ISSN: 2250-3021 Volume 2, Issue 8. PP 96-101.

- Lateef N. Assi, Edward (Eddie) Deaver, Paul Ziehl. 2018. Using sucrose for improvement of initial and final setting times of silica fume-based activating solution of fly ash geopolymers concrete. Construction and Building Materials. Volume 167, Pages 372-380
- Marthin D. J. Sumajouw, Ronny E. Pandaleke. 2014. Pengaruh Variasi Kadar Superplasticizer terhadap nilai slump beton geopolimer. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- P. Arjunan, M.R. Silsbee, D.M Roy (2001), “Chemical Activation of Low Calcium Fly Ash Part 1: Identification of Suitable Activators and their Dosage,” Custom Building Products, 6515, Salt Lake Ave, Bell, CA 90201, Material Research Laboratory, The Pennsylvania State University, PA 16802.
- Palomo, A., Grutzeck, M. W. & Blanco, M., 1999. Alkali-Activated Fly Ashes, A Cement for the Future. Cement and Concrete Research, Volume 29(8), pp. 1323-1329.
- P. Chindaprasirt, W. Chalee. 2014. Effect of sodium hydroxide concentration on chloride penetration and steel corrosion of fly ash-based geopolymers concrete under marine site. Construction and Building Materials 63, pp. 303–310.
- P. Pavithra, M. Srinivasula Reddy, P. Dinakar, B. Hanumantha Rao, B. K. Satpathy, and A. N. Mohanty. 2016. A mix design procedure for geopolymers concrete with fly ash. Journal of Cleaner Production, vol. 133, pp. 117–125.
- Priadana, K. A. 2012. *Karakterisasi Fly Ash Berdasarkan Sifat Fisik dan Kimia*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Teknik Sipil dan Perencanaan, Surabaya.
- Puligilla S, Mondal P. 2013. Role of slag in microstructural development and hardening of fly ash-slag geopolymers. Cement Concrete Res. 43:70–80.

Rattanasak, U., Pankhet, K. & Chindaprasirt, P., 2011. Effect of chemical admixtures on properties of high-calcium fly ash geopolymers. International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials, 12, p.364.

RILEM CPC 11.3. 1984. Absorption of water by concrete by immersion under vacuum.

Risdanareni, P., Triwulan, & Ekaputri, J. J. 2014. Pengaruh Molaritas Aktifator Alkalin Terhadap Kuat Tekan Mekanik Beton Geopolimer dengan Tras Sebagai Pengisi. Inovasi Struktur dalam Menunjang Konektivitas Pulau di Indonesia, Seminar Nasional X, pp. 847-856. Surabaya.

S.A. Bernal, E.D. Rodriguez, R.M. de Gutiérrez, M. Gordillo, J.L. 2011. Provis, Mechanical and thermal characterisation of geopolymers based on silicate activated metakaolin/slag blends, J. Mater. Sci. 46 (16) 5477–5486.

Samuel Demie, Muhd Fadhil Nuruddin, Nasir Shafiq. 2013. Effects of micro-structure characteristics of interfacial transition zone on the compressive strength of self-compacting geopolymers concrete. Construction and Building Materials 41 (2013) 91–98.

Suresh Thokchom, Partha Ghosh, and Somnath Ghosh. 2009. Effect of Water Absorption, Porosity, and Sorptivity on Durability of Geopolymer Concrete. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. Vol. 4, No. 7. ISSN 1819-6608.

Tanakorn Phoo-ngernkham, Chattarika Phianzphimai, Nattapong Damrongwiriyayanupap, Sakonwan Hanjitsuwan , Jaksada Thumrongvut, and Prinya Chindaprasirt. 2018. A Mix Design Procedure for Alkali-Activated High-Calcium Fly Ash Concrete Cured at Ambient Temperature. Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and

Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand.

Tjokrodimuljo, K. 2007. Teknologi Beton, KMTS FT UGM, Yogyakarta.

Wiwik Dwi Pratiwi. 2019. Hubungan Morfologi, Ukuran Partikel dan Keamorfasi Fly Ash dengan Kuat Tekan Pasta High-Volume Fly Ash (HVFA) Cement. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.

Yasin, Abdul Karim 2017. Rekayasa Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Yip CK, Luckey GC, Provis JL, van Deventer JSV. 2008. Effect of calcium silicate sources on geopolymserisation. Cem Concr Res. 38:554–64.

Yuyun Tajunnisa, Masaaki Sugimoto, Tetsuya Sato, Mitsuhiro Shigeishi. 2017. A Study On Factors Affecting Geopolymerization Of Low Calcium Fly Ash. International Journal of GEOMATE. Vol.13, Issue 36. pp.100-107.

Yuyun Tajunnisa, Masaaki Sugimoto, Tetsuya Sato, Januarti Jaya Ekaputri, Mitsuhiro Shigeishi. 2016. Characterization Of Low Calcium Fly Ash For Geopolymer Paste. Structural Faults and Repair. Radison Blu Edinburgh. ISBN 0-947644-8-2.

Yuyun Tajunnisa, Masaaki Sugimoto, Takahiro Uchinuno, Takahiro Sato, Yoshinori Toda, Arisa Hamasaki, Toru Yoshinaga, Kenji Shida, Mitsuhiro Shigeishi. 2017. Effect Of GGBFS and Micro-silica On Mechanical properties, shrinkage and Microstructure Of Alkali-Activated Fly Ash Mortar. International Journal of GEOMATE. Vol.13, Issue 39. pp.87-94.

Yuyun Tajunnisa, Masaaki Sugimoto, Takahiro Uchinuno, Takahiro Sato, Yoshinori Toda, Arisa Hamasaki, Toru Yoshinaga, Kenji Shida, Mitsuhiro Shigeishi. 2017. Performance of Alkali-Activated Fly Ash Incorporated with GGBFS and Micro-silica in the Interfacial Transition Zone, Microstructure, Flowability, Mechanical Properties and Drying Shrinkage. AIP Conference Proceedings 1887, 020034.

Yuyun Tajunnisa, Ridho Bayuaji, Nur Ahmad Husin, Yosi Noviari Wibowo, Mitsuhiro Shigeishi. 2019. Characterization Alkali-Activated Mortar Made From Fly Ash and Sandblasting. International Journal of GEOMATE. Vol.17, Issue 60. pp.183-189.

Yuyun Tajunnisa, Mitsuhiro Shigeishi, Ridho Bayuaji, and Muhammad Sigit Darmawan. 2019. Reliability Of Alkali-Activated and Portland Cement Mortar Under Compressive Test By Acoustic Emission. International Journal of GEOMATE. Vol.17, Issue 60. pp.197-203

Yuyun Tajunnisa, Wahyuniarsih Sutrisno and Mitsuhiro Shigeishi. 2019. Impact of PVA Fiber as Fine Aggregate Replacement In Alkali-Activated Fly Ash On Flow Rate, Mechanical Propoerties and Drying Shrinkage. International Journal of GEOMATE. Vol.17, Issue 63. pp. 217 – 223.

## BIODATA PENULIS



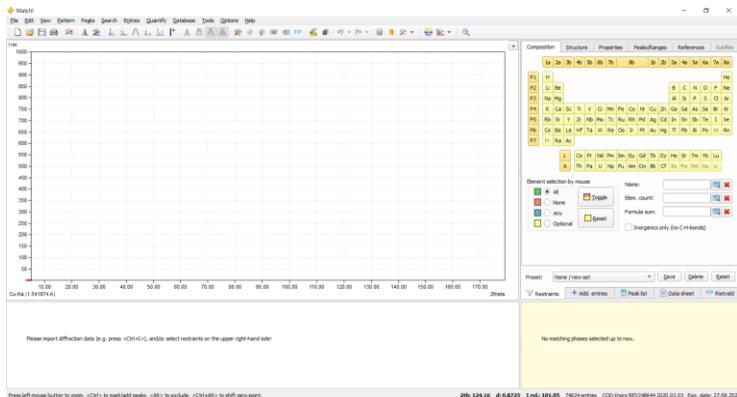
### **Jihad Fadhlurohman**

Penulis lahir pada tanggal 19 Nopember 1997 dan merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, Penulis bernama lengkap Jihad Fadhlurohman, merupakan lulusan dari SDN Pucang III Sidoarjo, SMP Negeri 5 Sidoarjo, SMA Negeri 2 Sidoarjo. Penulis merupakan mahasiswa pada Program Studi Diploma IV Departemen Teknik Rekayasa Pengelolaan dan Pemeliharaan Bangunan Sipil Fakultas Vokasi ITS 2016. Total 8 (delapan) semester dengan 144 sks telah dijalani penulis hingga lulus dari program studi ini. Selama menjadi mahasiswa, penulis juga aktif dalam organisasi, seperti: Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Musik ITS tahun 2017/2018 (sebagai staff Pengembangan Sumber Daya Manusia (PSDM)) dan tahun 2018/2019 (sebagai staff ahli Departemen PSDM), Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Karate Do ITS tahun 2017/2018 (sebagai staff Pengembangan Sumber Daya Karateka (PSDK)) dan tahun 2018/2019 (sebagai wakil ketua). Selain itu, penulis juga menorehkan beberapa prestasi di bidang non-akademik skala universitas, seperti: Juara 3 Kumite Perorangan Putra -67 kg Pekan Olahraga Mahasiswa ITS (POMITS) Cabang Olahraga Karate 2017 dan Juara 3 Kumite Perorangan Putra -67 Pekan Olahraga Mahasiswa ITS (POMITS) Cabang Olahraga Karate 2019. Untuk menghubungi penulis dapat via email: [jihadfadhlurohman@gmail.com](mailto:jihadfadhlurohman@gmail.com)

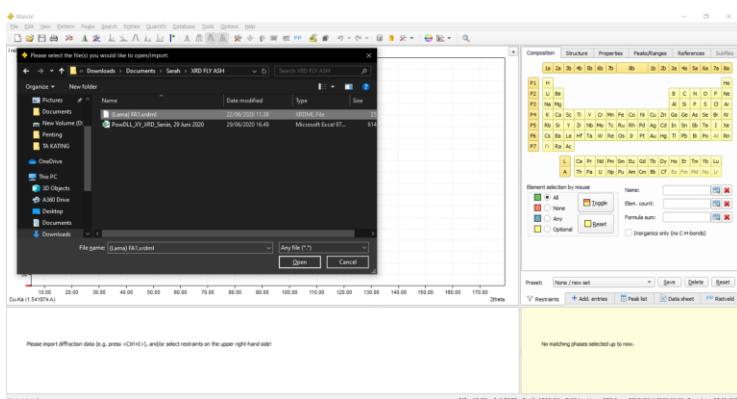
**Lampiran**

## Langkah Langkah menggunakan *software* Match!:

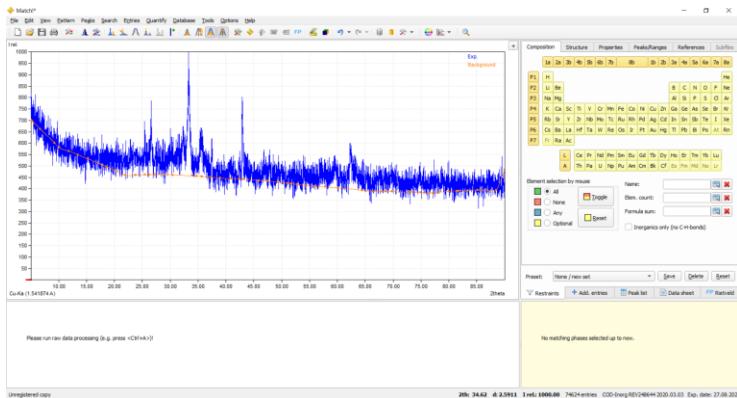
1. Buka Software Match!, jika sudah terbuka akan terlihat tampilan awal seperti pada gambar dibawah



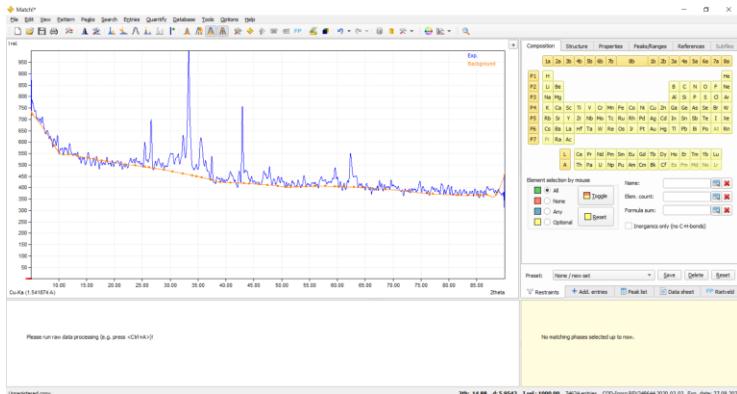
2. Pilih Menu File → Open → pilih file hasil uji XRD (format file XRD biasanya .xrdml)



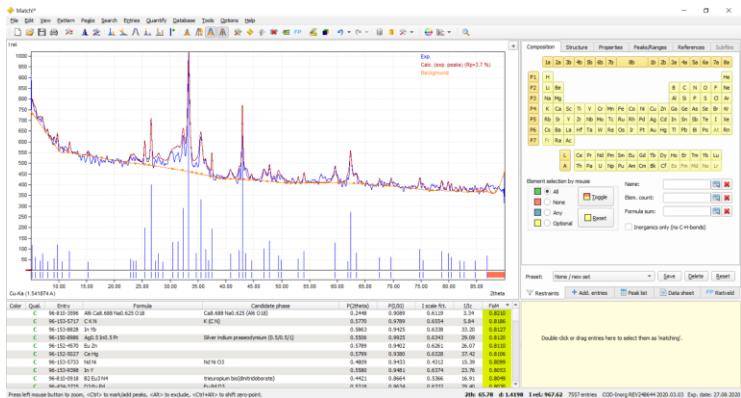
3. Jika sudah maka akan terbentuk pola hasil uji XRD



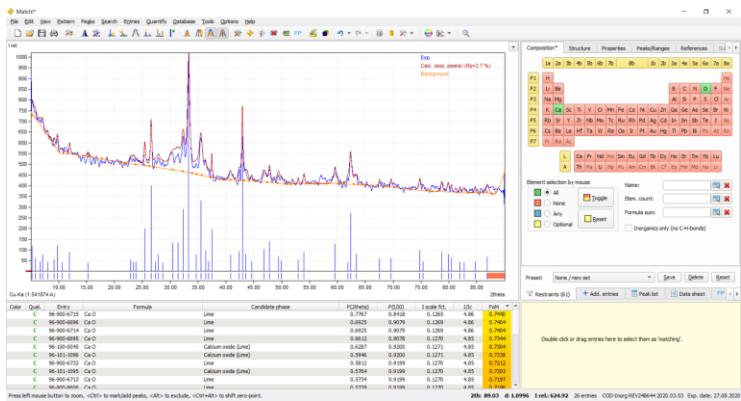
4. Langkah selanjutnya pilih menu Pattern → Smooth raw data, jika sudah maka tampilan akan berubah seperti gambar dibawah



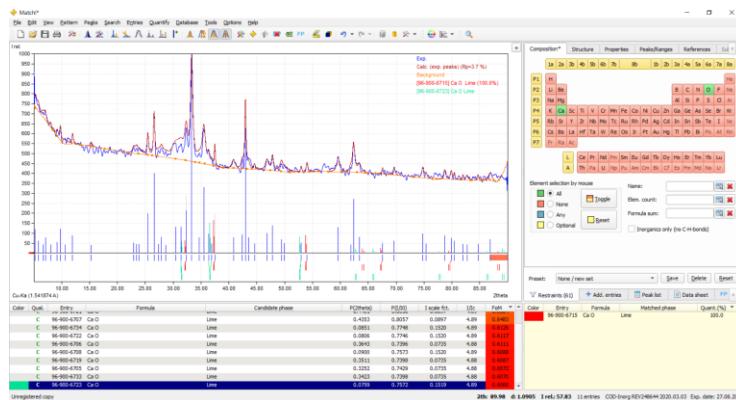
5. Lalu pilih menu Peaks → Peak Search and Fit, jika sudah maka hasil analisa kandungan akan muncul seperti gambar dibawah



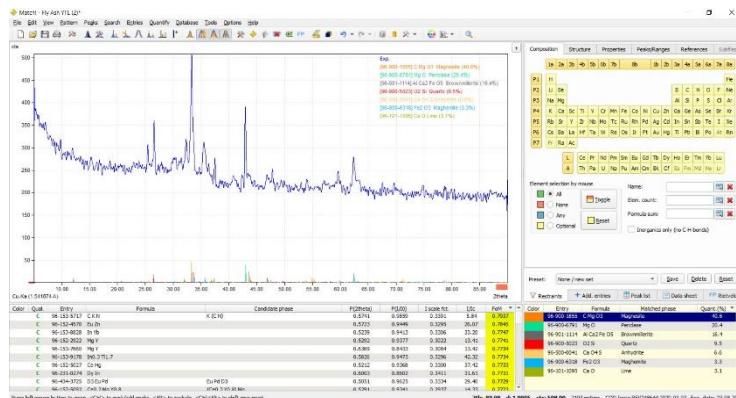
6. Untuk mencari unsur/senyawa yang diinginkan pilih unsur yang tertera pada tabel periodik disebelah kanan, jika sudah memilih pilih Toggle pada kolom Element Selection by Mouse. Hasilnya akan dapat dilihat seperti gambar dibawah



7. Pilih senyawa atau unsur pada bagian bawah sesuai dengan yang dibutuhkan, kemudian double klik, maka senyawa tersebut akan otomatis ter select seperti yang terlihat pada gambar dibawah.



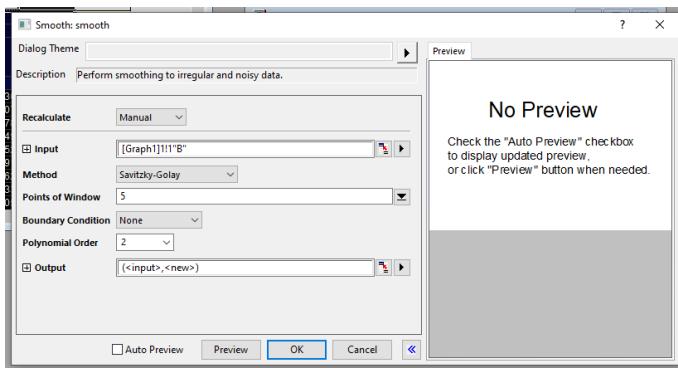
8. Jika sudah Pilih Reset untuk memilih unsur lain, Ulangi Langkah no.6 – no.7 untuk menampilkan unsur lainnya sesuai yang dibutuhkan.



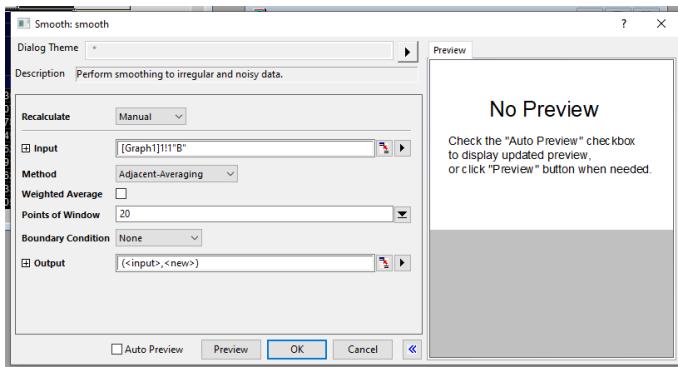
9. Jika ingin menyimpan sebelum keluar dari software, pilih icon save yang ada pada main toolbar.

Langkah menghitung kandungan amorph dan kristalin pada software origin :

1. Buka file excell yang berisikan data hasil uji XRD
2. Setelah itu copy data yang ada ke software origin
3. Jika data grafik yang ditampilkan terlihat rumit, maka bisa dihaluskan dengan cara klik : analysis – signal processing – smooth – open dialog. Maka akan muncul pilihan seperti ini

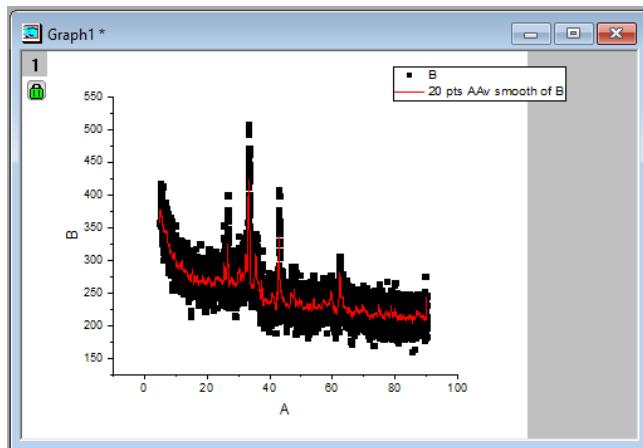


Pilihan tersebut dapat diganti menjadi seperti dibawah ini

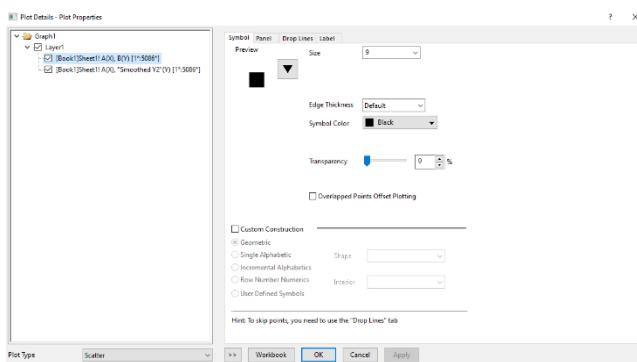


Pada pendekatan ini saya menggunakan angka 20 karena menurut saya dengan angka tersebut, data sudah cukup halus bagi saya untuk dianalisa. Setelah itu klik ok

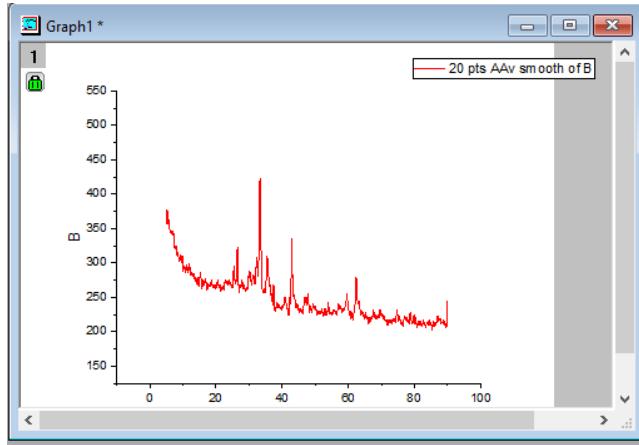
4. Maka akan ditampilkan data yang lebih halus terlihat pada garis merah



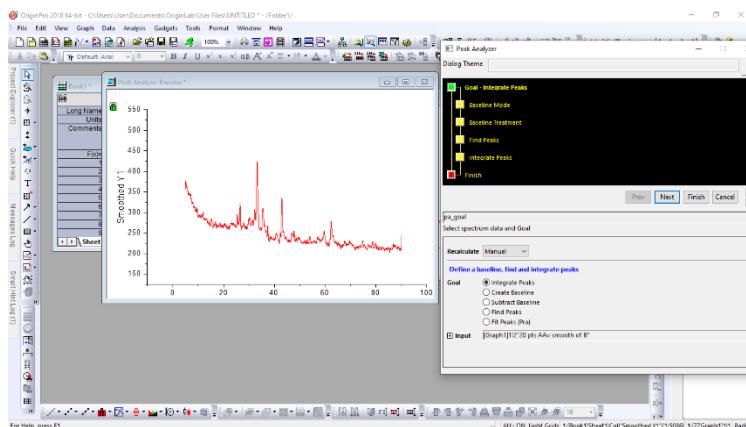
5. Langkah selanjutnya yaitu mengklik data tersebut, akan muncul pilihan seperti ini



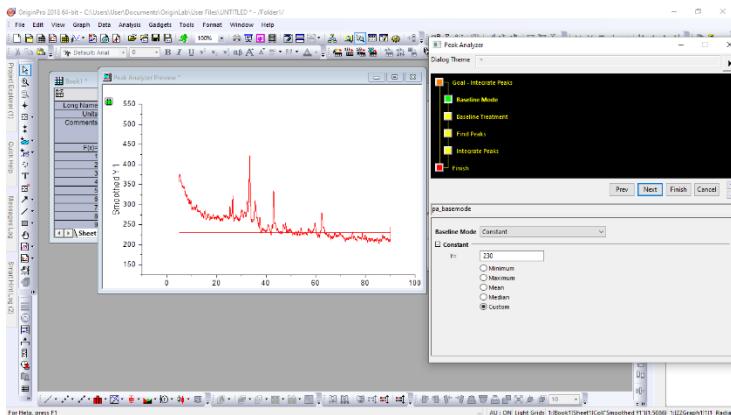
Pada kotak pertama, hilangkan saja centangnya (dengan begitu grafik berwarna hitam tersebut hilang) dengan cara mengklik pada kotak tersebut. Maka data yang ditampilkan sudah terlihat halus



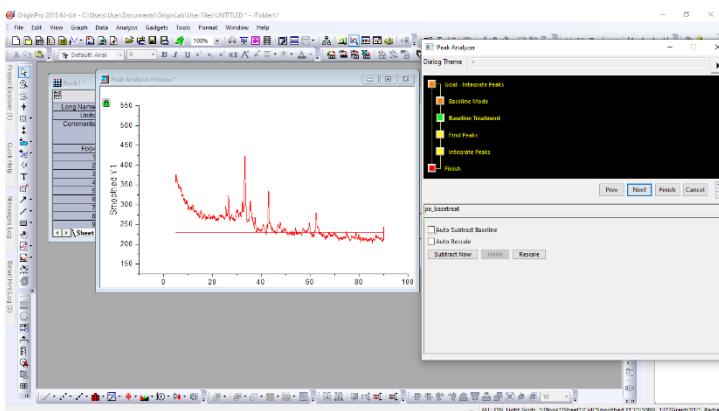
- Setelah itu klik analysis – peak and baseline – peak analyzer - open dialog, lalu akan muncul pilihan seperti ini



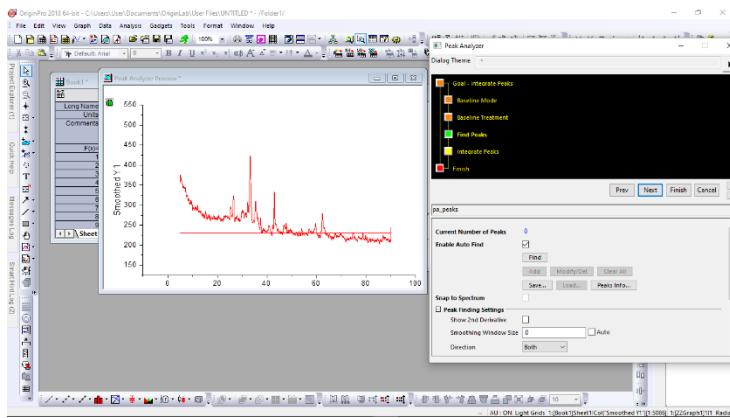
7. Klik next, lalu kita akan mendapatkan opsi untuk menentukan baseline. Yaitu sumbu y, setting angka tersebut tergantung data dan pendekatan penganalisa. Pada data ini saya masukan baseline sebesar 230



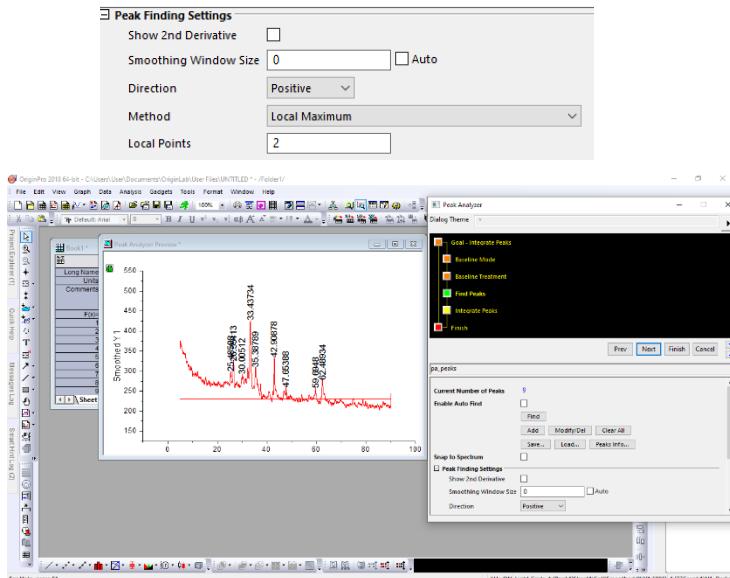
8. Setelah itu klik next, lalu akan muncul gambar seperti ini, setelah dirasa pas maka langsung klik next



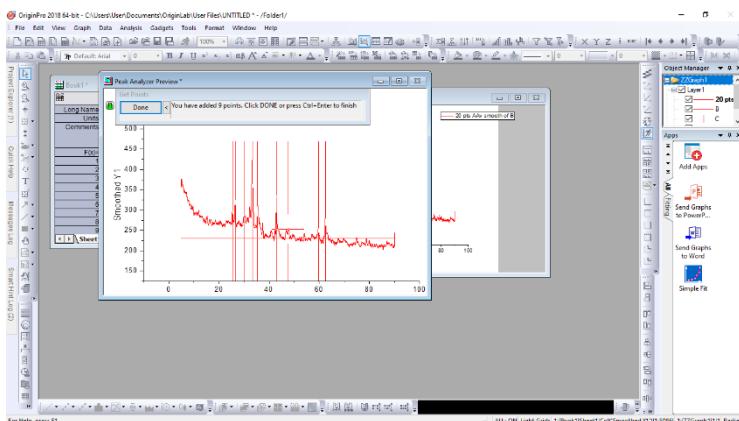
9. Lalu klik next. Setelah itu akan muncul tampilan seperti ini, langsung saja klik next



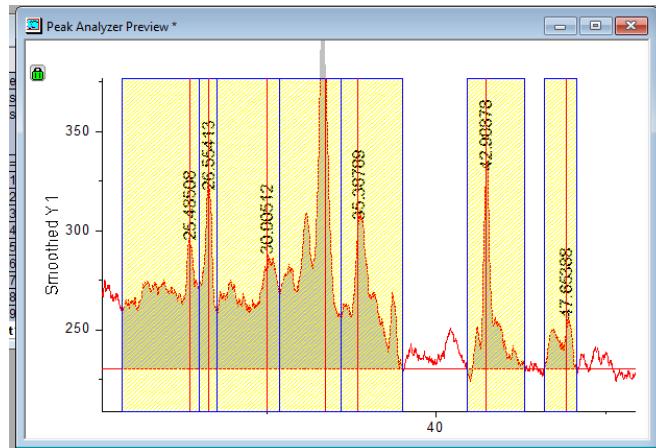
10. Lalu muncul tampilan seperti gambar diatas. Pada Langkah ini kita bisa langsung memilih puncak data pada grafik. Namun sebelum itu ada hal yang harus dilakukan, yaitu mengubah settingan “direction” dari both menjadi positive.



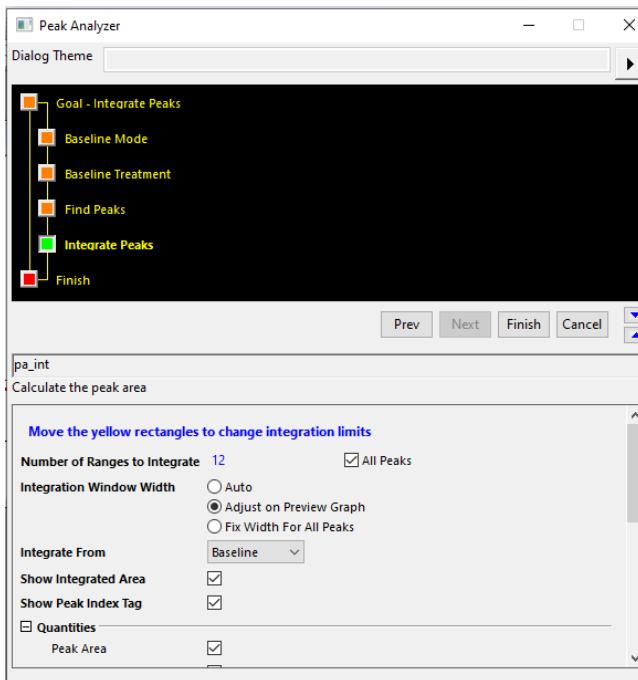
11. Setelah itu klik “add” untuk mulai menunjuk data puncak pada grafik (dengan pendekatan masing masing penganalisa)



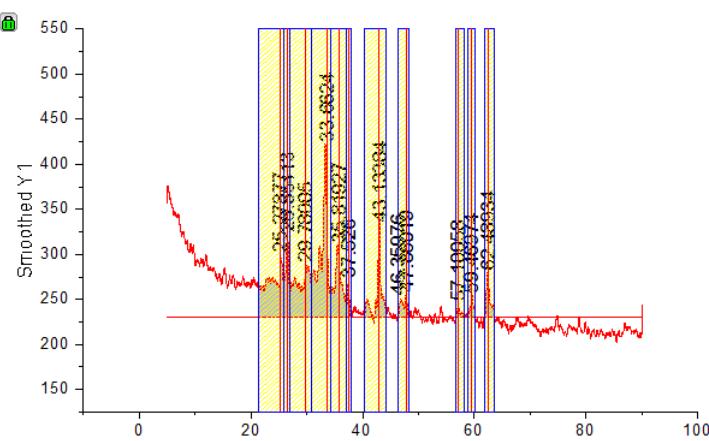
12. Lalu pilih puncak data yang ada pada grafik. Hal ini tergantung pendekatan masing masing penganalisa. Dalam perhitungan ini saya menentukan 11 puncak tertinggi versi saya. Setelah selesai, klik done lalu klik next.



13. Klik adjust on preview graph



14. Setelah itu kita dapat menentukan luasan data puncak pada grafik dan dapat mendetailkan luasan puncak tersebut dengan cara membesarkan/menegecilkan kotak integral pada data.



15. Setelah dirasa cukup, kita dapat mengklik tombol finish, dan akan didapatkan tabel dengan list luasan masing masing data puncak

	B(Y)	C(Y)
Long Name	Area	ArealIntgP()
Units		
Comments	Integral Result of "Smoothed Y1"	Integral Result of "Y1"
F(x)=		
1	41.7161	
2	54.84042	
3	145.85476	
4	247.94828	
5	109.75723	
6	14.88616	
7	80.40786	
8	0.01273	
9	26.26415	

16. Data tersebut dapat di copy dan dimasukan kedalam microsoft excell untuk di jumlahkan agar mendapatkan banyaknya luas kristalin

	A	B	C	D	E
1	1	41.7161			
2	2	54.84042			
3	3	145.8548			
4	4	247.9483			
5	5	109.7572			
6	6	14.88616			
7	7	80.40786			
8	8	0.01273			
9	9	26.26415			
10	10	7.69435			
11	11	15.48617			
12	12	34.56806			
13	Jumlah	779.4363	Luas Puncak Kristalin		

17. Lalu dengan langkah yang sama, kita dapat menghitung luas keseluruhan data menggunakan origin. Pada data yang saya analisa, ditemukan luas total grafik yaitu 1696. Setelah itu baru dapat ditentukan prosentase kristalin dan amorf

	A	B	C	D	E
1	1	41.7161			
2	2	54.84042			
3	3	145.8548			
4	4	247.9483			
5	5	109.7572			
6	6	14.88616			
7	7	80.40786			
8	8	0.01273			
9	9	26.26415			
10	10	7.69435			
11	11	15.48617			
12	12	34.56806			
13	Jumlah	779.4363	Luas Puncak Kristalin		
14		1696	Luas Total Grafik		
15					
16	Presentase kristalin	=	45.96	%	
17	Presentase amorf	=	54.04	%	
18					

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
03/02/2020	Uji berat volume NaOH <b>Pelaksana:</b> Yosi, Syafiq, Ian, Ferdi, Atho, Nisar, Jihad	LMSG 12.30-16.00	<b>Kendala:</b> Berat jenis berbeda dengan NaOH yang pernah diujii oleh Pak Husin <b>Solusi:</b> Pengujian berat volume menggunakan piknometer agar lebih teliti	
04/02/2020	Lanjut uji berat volume NaOH <b>Pelaksana:</b> Yosi, Syafiq, Hermawan, Ian, Ferdi, Atho	LMSG 12.30-15.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
06/02/2020	Beli dan packing pasir <b>Pelaksana:</b> Yosi, Hermawan, Syafiq, Ian, Ferdi, Jihad	LMSG 12.30-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
07/02/2020	Penempatan pasir <b>Pelaksana:</b> Yosi, Hermawan, Syafiq, Ian, Ferdi, Jihad, Atho, Nisar	LMSG 12.30-15.00	<b>Kendala:</b> Kuantitas pasir terlalu banyak, membutuhkan gerobak. Gerobak yang dipakai sudah berkarat, sehingga saat digunakan, as rodanya patah <b>Solusi:</b> Beli gerobak	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
07/02/2020	Beli Gerobak <b>Pelaksana:</b> Yosi, Ferdi, Jihad, Atho, Nisar	UD. Matahari 15.30-16.30	<b>Kendala:</b> Penjual tidak bisa mengantarkan gerobak ke kampus <b>Solusi:</b> Bawa gerobak dengan motor	
10/02/2020	Mengayak pasir <b>Pelaksana:</b> Yosi, Ferdi, Atho, Nisar, Hermawan	LMSG 12.30-15.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
11/02/2020	Mengayak pasir <b>Pelaksana:</b> Yosi, Ferdi, Atho, Nisar, Hermawan, Syafiq, Ian, Yusuf, Tossan	LMSG 12.30-15.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
12/02/2020	Mengayak pasir <b>Pelaksana:</b> Yosi, Ferdi, Atho, Nisar, Hermawan, Syafiq, Ian, Yusuf	LMSG 11.00-15.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
13/02/2020	Mengayak pasir <b>Pelaksana:</b> Yosi, Ferdi, Atho, Nisar, Hermawan, Syafiq, Ian, Yusuf	LMSG 11.00-15.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
18/02/2020	Mengayak pasir <b>Pelaksana:</b> Yosi, Ferdi, Hermawan, Syafiq, Ian, Jihad	LMSG 12.00-15.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
18/02/2020	Rapat koordinasi <b>Pelaksana:</b> Yosi, Ferdi, Hermawan, Syafiq, Ian, Jihad, Atho, Sarah, Sarah, Sabrina, Tossan, Angga	LMSG 16.00-17.20	<b>Kendala:</b> Perijinan pengambilan fly <b>Solusi:</b> Membuat surat ijin ke Pak Tamirin	
19/02/2020	Mengambil fly ash di mesh paiton <b>Pelaksana:</b> Yosi, Ferdi, Ian, Atho, Syafiq, Hermawan	Mesh Paiton 11.00-21.00	<b>Kendala:</b> 1. Sopir pick up terlambat 2. kuantitas fly ash kurang  <b>Solusi:</b> 1. Sebelum berangkat, diingatkan lagi untuk pengambilan fly ash berikutnya	
19/02/2020	Meletakkan fly ash di LMSG <b>Pelaksana:</b> Yosi, Ferdi, Ian, Atho, Syafiq, Hermawan, Nisar	LMSG 21.00-23.00	<b>Kendala:</b> Lab terkunci  <b>Solusi:</b> Ambil kunci lab di Pak Ridho	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
20/02/2020	Memindah fly ash dari sak ke box kontainer dan mengayak <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan	LMSG 12.00-15.00	<b>Kendala:</b>  <b>Solusi:</b>	
21/02/2020	Membeli dan mewadahi kerikil <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan	LMSG 12.00-15.00	<b>Kendala:</b> Penempatan kerikil tidak  <b>Solusi:</b> Minta tempat ke Pak Wandi	
24/02/2020	Membeli minyak tanah untuk pengujian berat jenis fly ash <b>Pelaksana:</b> Yosi, Syafiq	Kampung Pucang Anom 12.00-13.00	<b>Kendala:</b> Minyak tanah sulit ditemukan  <b>Solusi:</b> Bertanya tempat pembelian minyak tanah di warga perkampungan	
24/02/2020	Menguji berat jenis fly ash <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG 13.00-16.00	<b>Kendala:</b> Terdapat kerak semen yang sulit dibersihkan di piknometer, bekas praktikum mahasiswa  <b>Solusi:</b> Meminjam piknometer di Lab Tanah	
25/02/2020	Asistensi <i>mix design</i> dengan Pak Husin	LMSG 14.00-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	

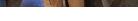
Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
26/02/2020	<p>Grinding dan cor beton NaOH 8M 1,5 SP 2% (Syafiq) dan NaOH 10M 1 SP 0,5% (Jihad)</p> <p><b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian</p> <p>Slump : 17 cm</p> <p>Percobaan Cor pertama</p>	LMSG 08.00-17.00	<p><b>Kendala:</b> Alat grinding sering mati secara tiba-tiba</p> <p><b>Solusi:</b> Mengistirahatkan alat grinding</p>	
27/02/2020	<p>Grinding dan cor beton NaOH 14M 1 SP 2% (Yosi) dan NaOH 12M 1 SP 0% (Ferdi)</p> <p>Slump: 22 cm</p> <p><b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf</p>	LMSG 08.00-17.00	<p><b>Kendala:</b> Kerikil bercampur lumpur dan pasir basah terkena hujan</p> <p><b>Solusi:</b> Cuci kerikil dan jemur pasir</p>	
28/02/2020	<p>Grinding dan cor beton NaOH 10M 2,5 SP 2% (Ian) dan NaOH 16M 2,5 SP 2%</p> <p><b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian</p>	LMSG 08.00-17.00	<p><b>Kendala:</b> Mold beton habis, membuka mold beton milik Syafiq. Ketika membuka mold beton, kondisi beton masih belum kering, sehingga betonnya rusak</p> <p><b>Solusi:</b> Reschedule jadwal pengecoran. Pengecoran dengan molaritas rendah dijadwalkan demolding minimal 3 hari setelah cor</p>	 

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
28/02/2020	Beli aktivator <b>Pelaksana:</b> Yosi, Syafiq	Brataco 13.00-14.30	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
02/03/2020	Grinding dan cor beton NaOH 8M 1,5 SP 2% (Syafiq) <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG 08.00-13.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
03/03/2020	Grinding dan cor beton NaOH 14M 2,5 SP 2% (Nisar) dan NaOH 14M 1 SP 0% (Atho) <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG 08.00-19.00	<b>Kendala:</b> Cuaca mendung, sehingga aggregat lama mengering <b>Solusi:</b>	
04/03/2020	Grinding dan cor beton NaOH 10M 1 SP 0% (Jihad), Grinding NaOH 10M 2 SP 2% <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf <b>Slump :</b> 13 cm	LMSG 08.00-17.00	<b>Kendala:</b> Cuaca mendung, sehingga aggregat lama mengering <b>Solusi:</b>	
05/03/2020	Grinding dan cor beton NaOH 8M 1 SP 2% (Yosi) dan NaOH 12M 1 SP 0,5% (Ferdi) Slump: 18,5 cm <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG 08.00-22.00	<b>Kendala:</b> Kondisi pasir basah terkena hujan, setelah dijemur masih belum bisa kering. <b>Solusi:</b> Pasir dipanaskan menggunakan kompor	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
06/03/2020	Grinding dan cor beton NaOH 10M 2,5 SP 2% (Ian) dan NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan) <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG 08.00-19.00	<b>Kendala:</b> Kondisi pasir basah terkena hujan, setelah dijemur masih belum bisa kering.  <b>Solusi:</b> Pasir dipanaskan menggunakan kompor di Lab Jalan	
06/03/2020	Uji kuat tekan beton NaOH 10M 2,5 SP 2% (Ian)	LMSG 19.00-20.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
06/03/2020	Memindahkan sample beton ke lab lantai 2	LMSG 20.00-21.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
09/03/2020	Grinding NaOH 10M 1 SP 2% (Yosi) dan cor NaOH 10M 2 SP 2% (Ian) <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG 08.00-17.00	<b>Kendala:</b> Alat cor rusak, sehingga pekerjaan dihentikan  <b>Solusi:</b> Memanggil tukang servis tanggal 10 Maret	
10/03/2020	Menyiapkan agragat untuk cor dan membersihkan mold <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG 08.00-15.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
10/03/2020	Membeli NaOH <b>Pelaksana:</b> Yosi, Ian	Brataco 10.00-11.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
11/03/2020	Grinding dan cor NaOH 10M 1 SP 0,5% (Jihad) dan NaOH 14M 1,5 SP 2% (Nisar) <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf <b>Slump :</b> 16,5 cm	LMSG 08.00-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
11/03/2020	Membersihkan mold untuk persiapan pengecoran	LMSG 13.00-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
11/03/2020	Grinding NaOH 10M 1 SP 2% (Yosi) dan cor NaOH 10M 2 SP 2% (Ferdi) <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG 08.00-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
12/03/2020	Cor NaOH 10M 1 SP 2% (Yosi), NaOH 8M 1,5 SP 2% (Syafiq), dan Grinding cor NaOH 14M 1 SP 0,5% (Atho) <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG 08.00-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
13/03/2020	Cor NaOH 12M 1 SP 1% (Ferdi), Grinding cor NaOH 10M 2 SP 2% (Ian) dan Grinding NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan) <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG 08.00-17.00	<b>Kendala:-</b> Alat molen mati saat pengecoran terakhir <b>Solusi:-</b> Agregat didiamkan dalam molen hingga dapat dinyalakan kembali	

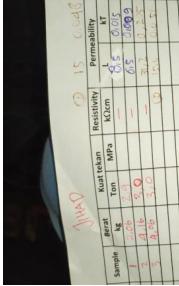
Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
30/03/2020	Mencuci kerikil serta menjemur pasir dan kerikil  <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Syafiq	LMSG 08.30-10.00	<b>Kendala:</b> Wabah penyakit corona menyebabkan resiko penyakitan	
30/03/2020	Pengujian kuat tekan, permability, resistivity, dan porositas	LMSG 10.00-17.00	<b>Solusi:</b> Membeli alat APD dan sabun untuk mencegah penyakit	
30/03/2020	Belanja APD untuk mencegah penyakit corona serta membeli NaOH dan metasilika	Brataco 14.00-15.00		
30/03/2020	Melepas mold untuk pembuatan benda uji	LMSG 15.00-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
31/03/2020	Memotong dan menguji benda uji untuk pengujian permeabilitas, kuat tekan, dan porositas (Ferdi NaOH 12M 1 SP 0%, Ian, Atho NaOH 14M 1 SP 0%, Syafiq NaOH 8M 2,5 SP 2%, Nisar NaOH 14M 2,5 SP 2%, Hermawan NaOH 16M 2,5 SP 2%)  <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Syafiq	LMSG 08.00-17.00	<b>Kendala:</b> Terlalu banyak beton yang diuji, sehingga alat permeabilitas perlu dikalibrasi beberapa kali  <b>Solusi:</b> Kalibrasi alat permeabilitas	 
31/03/2020	Mencuci kerikil serta menjemur pasir dan kerikil	LMSG 08.30-10.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
31/03/2020	Merendam benda uji 14M dalam larutan klorida	LMSG 18.00-19.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
01/04/2020	Memotong beton dan uji permeabilitas, kuat tekan, dan porositas (Jihad NaOH 10M 1 SP 0%)  <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Syafiq	LMSG 08.00-11.00	<b>Kendala:</b> permukaan beton tidak rata  <b>Solusi:</b> Potong bagian atas beton untuk permeabilitas	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
01/04/2020	Membersihkan mold, grinding NaOH 14M 1 SP 1% (Atho) dan NaOH 14M 1,5 SP 2% (Nisar)	LMSG 11.00-15.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
01/04/2020	Menyiapkan agregat untuk pengecoran	LMSG 11.00-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
02/04/2020	Grinding NaOH 12M 1 SP 2% (Yosi), NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan), NaOH 12M 1 SP 1,5% (Ferdi) dan NaOH 10M 2 SP 2% (Ian) <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Syafiq	LMSG 08.00-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
02/04/2020	Menyiapkan agregat untuk pengecoran	LMSG 15.00-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
02/04/2020	Uji resistivity dan kuat tekan NaOH 8M 1 SP 2% (Yosi)	LMSG 14.00-15.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
03/04/2020	Grinding NaOH 10M 1 SP 1% dan 1,5% (Jihad) dan NaOH 8M 2 SP 2% (Syafiq) <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Syafiq	LMSG 08.00-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
03/04/2020	Cor NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan)	LMSG 13.00-15.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
03/04/2020	Memotong beton dan uji permeabilitas, kuat tekan, dan porositas (Hermawan NaOH 16M 1,5 SP 2% dan Ferdi NaOH 12M 1 SP 0,5%)	LMSG 08.00-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
03/04/2020	Menyiapkan mold 10x20	LMSG 13.00-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
04/04/2020	Grinding NaOH 10M 1 SP 1,5% (Atho) dan NaOH 14M 0,5 SP 2% (Nisar) <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Syafiq	LMSG 08.00-15.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
04/04/2020	Menyiapkan mold 10x20	LMSG 13.00-15.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
06/04/2020	Cor NaOH 12M 1 SP 2% (Yosi), NaOH 10M 1 SP 1% (Jihad), dan NaOH 14M 1 SP 1 (Atho) <b>Slump 18,5</b>	LMSG 08.00-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
06/04/2020	Memotong beton dan uji permeabilitas, kuat tekan, dan porositas (Ian NaOH 12M 2 SP 2%)	LMSG 12.00-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
06/04/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Syafiq	LMSG 08.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
07/04/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-13.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
07/04/2020	Cor NaOH 14M 2,5 SP 2% (Nisar) dan NaOH 14M 1 SP 1,5% (Atho)	LMSG 13.00-17.00	<b>Kendala:</b> Terjadi kesalahan penimbangan material, sehingga beton segar tidak dapat tercampur saat dilakukan pengecoran <b>Solusi:</b> Beton ditambah dengan air lalu dijadikan sebagai plat	

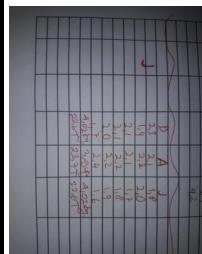
Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
08/04/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran  <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Syafiq	LMSG 08.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
08/04/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
08/04/2020	Cor NaOH 10M 1 SP 1,5% (Jihad) dan NaOH 8M 2 SP 2% (Syafiq)  Slump : 19,5 cm	LMSG 13.00-17.00	<b>Kendala:-</b> Molen mati ketika dilakukan pengecoran  <b>Solusi:-</b> Dilanjutkan dengan pengadukan	
08/04/2020	Uji Kuat tekan SP 0,5% 28 hari (Jihad)  <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Syafiq	LMSG 08.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
08/04/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
08/04/2020	Cor NaOH 10M 1 SP 1,5% (Jihad) dan NaOH 8M 2 SP 2% (Syafiq)	LMSG 13.00-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
08/04/2020	Membersihkan bola-bola baja	LMSG 16.30-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
09/04/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran  <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq	LMSG 08.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
09/04/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
09/04/2020	Grinding NaOH 8M 1 SP 2% (Yosi), Cor NaOH 12M 1 SP 1,5% (Ferdi), Grinding dan Cor NaOH 14M 1 SP 1,5% (Nisar)	LMSG 13.00-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
09/04/2020	Memotong beton dan uji permeabilitas, kuat tekan, dan porositas (Syafiq NaOH 8M 1,5 SP 2% dan Atho NaOH 14M 1 SP 0,5%)	LMSG 13.00-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
09/04/2020	Membersihkan bola-bola baja <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq	LMSG 16.30-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
10/04/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq	LMSG 08.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
10/04/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
10/04/2020	Cor NaOH 8M 1 SP 2% (Yosi)	LMSG 13.00-15.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
11/04/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq	LMSG 08.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
11/04/2020	Grinding NaOH 8M 2,5 SP 2% (Syafiq), NaOH 12M 1 SP 0,5% (Ferdi), dan NaOH 16M 1,5 SP 2% (Hermawan)	LMSG 13.00-17.00	<b>Kendala:-</b> Alat grinding mati berkali-kali <b>Solusi:-</b>	
11/04/2020	Membersihkan bola-bola baja	LMSG 16.30-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
13/04/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf	LMSG 08.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
13/04/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
13/04/2020	Cor NaOH 12M 1 SP 0,5% (Ferdi)	LMSG 13.00-15.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
13/04/2020	Memotong beton dan uji permeabilitas, kuat tekan, dan porositas (Yosi NaOH 12M 1 SP 2%, Atho NaOH 14M 1 SP 1%, dan Jihad NaOH 10M 1 SP 1%)	LMSG 13.00-17.00	<b>Kendala:</b> pompa permeabilitas panas  <b>Solusi:</b> Pengujian dihentikan hingga pompa menjadi dingin	 
14/04/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf	LMSG 08.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
14/04/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
14/04/2020	Grinding NaOH 14M 2 SP 2% (Nisar) dan NaOH 14M 1 SP 0% (Atho), Cor NaOH 8M 2,5 SP 2% (Syafiq)	LMSG 13.00-17.00	<b>Kendala:-</b> Alat grinding mati berkali-kali <b>Solusi:-</b>	
14/04/2020	Memotong beton dan uji permeabilitas, kuat tekan, serta resistivity (Ian NaOH 10M 2 SP 2%, Atho NaOH 14M 1 SP 1,5%, dan Nisar NaOH 14M 2 SP 2%)	LMSG 13.00-17.00	<b>Kendala:</b> Alat pompa permeabilitas tidak bisa <b>Solusi:</b> Service pompa	

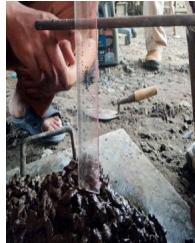
Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
15/04/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran  <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf	LMSG 08.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	 
15/04/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
15/04/2020	Grinding dan Cor NaOH 12M 1 SP 0% (Ferdi), Cor NaOH 14M 2 SP 2% (Nisar)	LMSG 13.00-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
15/04/2020	Uji kuat tekan dan resistivity (Jihad NaOH 10M SP 1,5%)	LMSG 15.00-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
16/04/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran  <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf	LMSG 08.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
16/04/2020	Mengayak agregat kasar dan menjemur agregat halus	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
16/04/2020	Grinding NaOH 16M 2 SP 2% (Hermawan) dan NaOH 16M 2 SP 0% (Hermawan), Cor NaOH 16M 2 SP 2% (Hermawan) dan NaOH 14M 1 SP 2% (Yosi)	LMSG 13.00-17.00	<b>Kendala:-</b> Alat grinding mati berkali-kali <b>Solusi:-</b>	
16/04/2020	Memotong beton dan uji kuat tekan serta resistivity (Nisar NaOH 14M 1,5 SP 2% dan Ferdi NaOH 12M 1 SP 1,5%)	LMSG 13.00-17.00	<b>Kendala:-</b> Alat permeabilitas masih belum bisa digunakan <b>Solusi:-</b>	
17/04/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran  <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
17/04/2020	Mengayak agregat kasar dan menjemur agregat halus	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
17/04/2020	Grinding NaOH 10M 1 SP 2% (Yosi) dan NaOH 8M 1,5 SP 2% (Syafiq), Cor NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan)	LMSG 13.00-17.00	<b>Kendala:-</b> Alat grinding dan cor mati berkali-kali <b>Solusi:-</b>	
17/04/2020	Membersihkan bola-bola baja	LMSG 16.30-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
18/04/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
18/04/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
18/04/2020	Grinding NaOH 12M 1 SP 1% (Ferdi), NaOH 14M 1 SP 0% (Atho), NaOH 10M 2,5 SP 2% (Ian), serta Cor NaOH 10M 1 SP 2% (Yosi)	LMSG 13.00-17.00	<b>Kendala:</b> Kegiatan penelitian dimulai saat siang hari, sehingga selesai saat hari mulai gelap  <b>Solusi:</b> Memulai kegiatan lebih pagi apabila banyak agenda penelitian	
20/04/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf	LMSG 08.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
20/04/2020	Cor NaOH 12M 1 SP 1% dan NaOH 12M 1 SP 0,5% (Ferdi), Grinding NaOH 16M 2 SP 2% dan NaOH 16M 1,5 SP 0% (Hermawan), Grinding 8M 2 SP 0% (Syafiq), Cor 8M 1,5 SP 0% dan Cor 8M 2 SP 0% (Syafiq), Grinding NaOH 14M 1 SP 0% (Atho)	LMSG 08.00-17.00	<b>Kendala:-</b> Alat grinding dan cor mati berkali-kali <b>Solusi:-</b>	
20/04/2020	Uji permeabilitas, kuat tekan, dan resistivity (Atho NaOH 14 M 1 SP 1%) (Jihad 10 M SP 1%) <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf	LMSG 08.00-17.00	<b>Kendala:</b> alat permeability masih belum bisa digunakan <b>Solusi:</b> menunggu laporan dari pak wandi pada hari selasa	
20/04/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
20/04/2020	Membersihkan bola-bola baja	LMSG 16.30-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
21/04/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf	LMSG 08.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
21/04/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
21/04/2020	Grinding NaOH 8M 1 SP 0% (Yosi), Cor NaOH 16M 1,5 SP 0% (Hermawan), Grinding 14M 1 SP 0,5% (Atho)	LMSG 08.00-17.00	<b>Kendala:-</b> Alat grinding dan cor mati berkali-kali <b>Solusi:-</b>	
21/04/2020	Membersihkan bola-bola baja	LMSG 16.30-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
21/04/2020	Memperbaiki pompa alat permeabilitas	LMSG 13.00-14.00	Kendala:- Solusi:-	
21/04/2020	Uji permeabilitas, kuat tekan, dan resistivity (Yosi NaOH 12M 1 SP 0% dan Atho NaOH 14M 1 SP 1,5%)	LMSG 15.00-17.00	Kendala:- Solusi:-	
22/04/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengcoran <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf	LMSG 08.00-12.00	Kendala:- Solusi:-	
22/04/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	Kendala:- Solusi:-	
22/04/2020	Cor NaOH 8M 1 SP 0% (Yosi), Cor NaOH 16M 2 SP 0% (Hermawan), Cor NaOH 14M 1 SP 0% (Atho), Cor NaOH 10M 1,5 SP 2% (Ian)	LMSG 08.00-17.00	Kendala:- Alat grinding dan cor mati berkali-kali Solusi:-	
22/04/2020	Uji permeability, kuat tekan, dan resistivity (Ferdi NaOH 12M 1 SP 0%)(Jihad 10 M SP 1,5%	LMSG 15.00-17.00	Kendala:- Solusi:-	
23/04/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengcoran <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf, Jihad	LMSG 08.00-12.00	Kendala:- Solusi:-	
23/04/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	Kendala:- Solusi:-	
23/04/2020	Grinding NaOH 10M 1 SP 0% (Jihad) dan NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan), Cor NaOH 14M 1 SP 0,5%)	LMSG 10.00-17.00	Kendala:- Alat grinding dan cor mati berkali-kali Solusi:-	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
23/04/2020	Uji permeability, kuat tekan, resistivity dan porositas (Yosi NaOH 14M 1 SP 2% Ambient dan Chloride Curing)	LMSG 10.00-14.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
23/04/2020	Uji permeability, kuat tekan, dan resistivity (Ferdi NaOH 12M 1 SP 1,5% dan NaOH 12M 1 SP 0%)	LMSG 10.00-14.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
23/04/2020	Membersihkan bola-bola baja	LMSG 16.30-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
24/04/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf, Jihad	LMSG 08.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
24/04/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
24/04/2020	Grinding NaOH 10M 1 SP 0,5% (Jihad) dan Cor NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan)	LMSG 10.00-17.00	<b>Kendala:-</b> Alat grinding dan cor mati berkali-kali <b>Solusi:-</b>	
24/04/2020	Membersihkan bola-bola baja	LMSG 16.30-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
25/04/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf, Jihad	LMSG 08.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
25/04/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
25/04/2020	Cor NaOH 10M 1 SP 0% (Jihad) <b>Slump : 12,5 cm</b>	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
25/04/2020	Uji permeability, kuat tekan, dan porosity (Yosi NaOH 10M 1 SP 2%) <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
27/04/2020	Mengayak agregat kasar <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
27/04/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran	LMSG 14.00-15.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
27/04/2020	Cor NaOH 10M 1 SP 0,5% (Jihad) <b>Slump : 16,5 cm</b>  Uji 12M 1:1 Sp 1% 7hari 12M 1:1 Sp 0.5% 14 hari Uji tekan dan permeability 10M 1:2 14 hari (ian)	LMSG 15.00-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
28/04/2020	Asistensi Dengan Pak Husin	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
28/04/2020	Syafiq uji 14hari variasi 2,5 8M Uji Setting Time 14M (atok) <b>Pelaksana:</b> Nisar, Atho, Hermawan, Syafiq	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
29/04/2020	Jihad Uji 56 hari 10 M sp 0% Ferdi uji 12 M 1:1 SP 0% 14 hari <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> Alat permeabilitas masih rusak, sampel sudah masuk hari pengujian	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
29/04/2020	Jihad Uji 56 hari 10 M sp 0% Ferdi uji 12 M 1:1 SP 0% 14 hari  Atho Uji 14M 1:1 sp0% 7 hari Nisar uji 14 M 1:2 14 hari	LMSG 12.00-14.00  LMSG 14.00-16.00	<b>Solusi:</b> Benda uji dipotong mengikuti ketentuan L/D di SNI	
30/04/2020	Yos uji 8M 56 hari Her uji 16 M 1:2 14 & 28 hari <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad  Atho Uji 14m 1:1 sp 0,5% 7 hr Nisar uji 14m 1:2.5 56 hari	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
01/05/2020	Melepas Beton dari Mold <b>Pelaksana:</b> Jihad, Ferdi, ian	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:</b> Terdapat mold yang kurang diberi oli sehingga beton sedikit <b>Solusi:</b> Memukul mold perlahan hingga beton terlepas	
01/05/2020	Uji Kuat Tekan Yos Uji 10M 14 hari Jihad Uji 10 M sp 0% 6 hari Hermawan Uji 16 M 1:2,5 7 hari <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad  Her Uji 16 M 1:1,5 56 hari Peng uji 12m 1: sp 0,5% 56hr ian uji tekan 10M 1:1.5 14 hari	LMSG 12.00-14.00  LMSG 14.00-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
04/05/2020	Melepas Beton dari Mold <b>Pelaksana:</b> Jihad, Ian	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
04/05/2020	Jihad uji 10 M sp 0.5% 7 hari Jihad uji 10 M sp 1% 28 hari Yosi Uji 12M 28 hari <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
04/05/2020	Ferdi uji 12m 1:1 sp1% 14hr Atho Uji 14m 1:1 sp 1% 28 hr	LMSG 14.00-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
05/05/2020	Atho Uji 14m 1:1 sp 1,5% 28 <b>Pelaksana:</b> Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
05/05/2020	Asistensi Komunal dengan Tim dosen Geopolimer	LMSG 15.30-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
06/05/2020	Memotong beton <b>Pelaksana:</b> Jihad, ian	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
06/05/2020	Syafiq uji 28 hari variasi 2 Jihad uji 28 hari 10 M sp 1.5% Jihad uji 56 hari 10 M sp 0.5% <b>Pelaksana:</b> Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
06/05/2020	ian uji tekan 10M 1:2.5 14 hari Atho Uji 14m 1:1 sp 0% 14 hr Nisar uji 14 m 1:1.5 28 hari	LMSG 14.00-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
07/05/2020	Yosi uji 10 M 56 hari Ferdi uji 12m 1:1 sp1,5% 28hr <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
07/05/2020	Atho Uji 14 M sp 0,5% 14 hr Atho Uji 14 M sp 0,5% 56 hr	LMSG 14.00-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
08/05/2020	<p>Yosi uji 8M 28 hari            Jihad uji 10 M sp 0% 13 hari            Hermawan uji 16 M 1:2,5 14 hari</p> <p><b>Pelaksana:</b>            Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad</p>	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
08/05/2020	<p>Ferdi uji 12m 1:1 sp1% 56hr            ian uji tekan dan resistivity 10M 1:1.5 56 hari</p>	LMSG 14.00-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
11/05/2020	<p>Jihad uji 10 M sp 0.5% 14 hari</p> <p><b>Pelaksana:</b>            Jihad</p>	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
11/05/2020	<p>Potong sampel 8 M usia 56 hari</p> <p><b>Pelaksana:</b>            Jihad, Syafiq, Ian</p>	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
11/05/2020	<p>Syafiq uji porositas var 2 Kuat tekan 56 hari var 1,5</p> <p><b>Pelaksana:</b>            Yosi, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad</p>	LMSG 14.00-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
12/05/2020	<p>Syafiq uji upv 28 hari var 2,5</p> <p><b>Pelaksana:</b>            Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq</p>	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
12/05/2020	<p>Atho Uji 14m 1:1 sp 0% 28 hari</p> <p>Atho Uji Setting Time 14M</p>	LMSG 14.00-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
14/05/2020	<p>Ferdi uji UPV 12m 1:1 sp 0%,sp 1.5%,sp 1%</p> <p>Yosi uji 14M 28 hari</p> <p><b>Pelaksana:</b>            Yosi, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Jihad</p>	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
14/05/2020	<p>Jihad uji UPV 10m 1:1 sp0%,sp1.5%,sp1%</p>	LMSG 14.00-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
15/05/2020	Merapikan permukaan benda uji dengan gerinda <b>Pelaksana:</b> Yosi, Atho, Ferdi, Hermawan, Syafiq	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
15/05/2020	Hermawan uji Tekan 16 M sp 0 1:2,5	LMSG 14.00-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
18/05/2020	Memotong benda uji untuk Porositas <b>Pelaksana:</b> Yosi, Atho, Ferdi, Hermawan, Syafiq	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
18/05/2020	Yosi uji 10 M sp 10 M 28 hari	LMSG 14.00-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
19/05/2020	Yosi Grinding sp 2% 14 M <b>Pelaksana:</b> Yosi, Atok	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
19/05/2020	Yosi Cor 14 M sp 2% <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> Mesin Sering Mati <b>Solusi:-</b> Mendiamkan mesin sementara	
19/05/2020	Hermawan uji 16 M sp 0 1:2 poros dan tekan Hermawan uji 16 M sp 0 1:2,5 poros	LMSG 14.00-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
20/05/2020	Yosi uji 14 M UPV 28 Hari <b>Pelaksana:</b> Yosi	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
20/05/2020	Hermawan uji 16 M sp 0 1:1,5 28 hari (poros dan tekan) <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Hermawan, Syafiq,	LMSG 14.00-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
21/05/2020	Memotong benda uji untuk Porositas  <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Hermawan, Syafiq,	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
21/05/2020	yos uji UPV 8M 28 hari, uji porositas 10M 56 hari	LMSG 14.00-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
02/06/2020	Persiapan grinding cor syafiq 8 M sp 0%  <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
02/06/2020	Cor syafiq 8 M sp 0%	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> Mesin Mati <b>Solusi:-</b> Mengaduk Adonan Beton Manual	
02/06/2020	Jihad Uji tekan 10 m sp 1% umur 56 hari + porositas+UPV Atok Uji tekan 56 hari 14 M	LMSG 14.00-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
03/06/2020	Persiapan grinding cor Hermawan 16 M sp 2%  <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
03/06/2020	Cor Hermawan 16 M	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> Mesin Sering Mati <b>Solusi:-</b> Mendiamkan mesin sementara	
03/06/2020	Jihad Uji tekan 10 m sp 1,5% umur 56 hari + porositas+UPV	LMSG 14.00-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
04/06/2020	Atok Uji tekan Umur 56 hari  <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:</b> Alat kuat tekan seteah kalibrasi mengalami error dalam pembacaan sehingga hasil kuat tekan turun <b>Solusi:</b> Meminta ijin ke teknisi lab untuk menggunakan alat kuat tekan yang lain	
08/06/2020	Yosi Uji 8 M sp 2%  <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:</b> Alat kuat tekan yang biasa digunakan masih error <b>Solusi:</b> Menggunakan alat kuat tekan lain yang tersedia di	
08/06/2020	Atok Uji 14 M	LMSG 14.00-16.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
10/06/2020	Ferdi grinding 12 M  <b>Pelaksana:</b> Ferdi, Yosi, Nisar, Atho, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
	Persiapan Cor Ferdi 12 M	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> Agregat Kasar Habis <b>Solusi:-</b> Cor Dilakukan Besok	
11/06/2020	Persiapan Cor Ferdi 12 M  <b>Pelaksana:</b> Ferdi, Yosi, Nisar, Atho, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> 1.Agregat kasar yang dibeli masih kotor	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
11/06/2020	Persiapan Cor Ferdi 12 M <b>Pelaksana:</b> Ferdi, Yosi, Nisar, Atho, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG 12.00-14.00	2. Agregat halus yang kering menjadi tempat kotoran kucing <b>Solusi:-</b> 1. Menyiram agregat kasar dengan air 2. Menjemur lagi agregat halus 3. Cor Dilakukan Besok	
12/06/2020	Asistensi Dengan Dosen <b>Pelaksana:</b> Ferdi, Yosi, Nisar, Atho, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
12/06/2020	Cor Ferdi 12 M sp 0% <b>Pelaksana:</b> Ferdi, Yosi, Nisar, Atho, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG 12.00-14.00	<b>Kendala:-</b> Mesin Sering Mati <b>Solusi:-</b> Mendiamkan mesin sementara	