



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181711**

**PENGARUH VARIASI RASIO ZAT AKTIVATOR TERHADAP  
DURABILITAS DAN WORKABILITAS BETON GEOPOLIMER BERBASIS  
*HIGH CALCIUM FLY ASH* DENGAN MOLARITAS SODIUM  
HIDROKSIDA TINGGI**

**NISAR RAFII ANANTA MUHAMMAD**  
NRP 10111610013041

**DOSEN PEMBIMBING 1:**  
Ir. SRIE SUBEKTI, MT.  
NIP 19560520 199803 2 001

**DOSEN PEMBIMBING 2:**  
RIDHO BAYU AJI ST, . MT,, Ph.D  
NIP 19730710 199802 1 002

**PROGRAM SARJANA TERAPAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI REKAYASA  
PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**



**TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181711**

**PENGARUH VARIASI RASIO ZAT AKTIVATOR TERHADAP  
DURABILITAS DAN WORKABILITAS BETON GEOPOLIMER BERBASIS  
*HIGH CALCIUM FLY ASH* DENGAN MOLARITAS SODIUM  
HIDROKSIDA TINGGI**

**NISAR RAFII ANANTA MUHAMMAD  
NRP 10111610013041**

**DOSEN PEMBIMBING 1:  
Ir. SRIE SUBEKTI, MT.  
NIP 19560520 199803 2 001**

**DOSEN PEMBIMBING 2:  
RIDHO BAYU AJI ST., MT., Ph.D  
NIP 19730710 199802 1 002**

**PROGRAM SARJANA TERAPAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI REKAYASA  
PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**



## **APPLIED FINAL PROJECT - VC 181711**

# **THE EFFECT OF ALKALINE ACTIVATOR RATIO VARIATION ON DURABILITY AND WORKABILITY OF GEOPOLYMER CONCRETE BASED OF HIGH CALCIUM FLY ASH WITH HIGH MOLARITY SODIUM HYDROXIDE**

**NISAR RAFII ANANTA MUHAMMAD**  
**NRP 10111610013041**

**SUPERVISOR 1:**  
**Ir. SRIE SUBEKTI, MT.**  
**NIP 19560520 199803 2 001**

**SUPERVISOR 2:**  
**RIDHO BAYU AJI ST, . MT,, Ph.D**  
**NIP 19730710 199802 1 002**

**BACHELOR OF APPLIED SCIENCE PROGRAM**  
**DEPARTMENT OF MANAGEMENT AND MAINTENANCE**  
**OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING**  
**VOCATIONAL FACULTY**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2020**



**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENGARUH VARIASI RASIO ZAT AKTIVATOR**  
**TERHADAP DURABILITAS DAN WORKABILITAS**  
**BETON GEOPOLIMER BERBASIS *HIGH CALCIUM***  
***FLY ASH* DENGAN MOLARITAS SODIUM**  
**HIDROKSIDA TINGGI**

**TUGAS AKHIR TERAPAN**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan pada  
Program Studi Sarjana Terapan  
Departemen Teknologi Rekayasa Pengelolaan dan  
Pemeliharaan Bangunan Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
**Mengetahui 21 Agustus 2020**

Oleh :



**NISAR RAFII ANANTA MUHAMMAD**  
**NRP 10111610013041**

Disetujui oleh

Disetujui oleh  
Dosen Pembimbing I

  
**Ir. Sri Subekti, MT.**  
NIP. 19560520 199803 2 001



Disetujui oleh  
Dosen Pembimbing II

  
**Ridho Fauzi Aji ST. MT., PhD**  
NIP. 19730710 199802 1 002





## Berita Acara Sidang Proyek Akhir

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS

Semester Genap 2019-2020

Nomor BA :

Nomor Jadwal : **18**

Program Studi : D4 Teknik Sipil (TRPPBS)  
Diinout oleh : Ridho Bayuaji, ST, MT., Ph.D.  
Bahwa pada hari ini : Selasa, 04-Agt-2020 Pukul : 10:00 s/d 12:00  
Di tempat : Online Meeting

Telah dilaksanakan sidang Proposal Tugas Akhir dengan judul:

PENGARUH VARIJASI RASIO ZAT AKTIVATOR TERHADAP DURABILITAS DAN WORKABILITAS BETON GEOPOLIMER BERBASIS HIGH CALCIUM FLY ASH DENGAN MOLARITAS SODIUM HIDROKSIDA TINGGI

Yang dihadiri dan diresentasikan oleh mahasiswa : ( Hadir / Tidak Hadir)  
10111610031041 NISAR RAFII ANANTA MUHAMMAD Hadir

Yang dihadiri oleh dosen Pembimbing: ( Hadir / Tidak Hadir)  
1 Ir. Srie Subekti, MT. Hadir  
2 Ridho Bayuaji, ST, MT., Ph.D. Hadir

Yang dihadiri oleh dosen Penguji: ( Hadir / Tidak Hadir)  
1 Nur Achmad Husin, ST., MT. Hadir  
2 R. Buyung Anugraha A., ST., MT. Hadir  
3

Bahwasanya, musyawarah pembimbing dan penguji pada sidang proyek akhir ini memutuskan:  
10111610031041 NISAR RAFII ANANTA MUHAMMAD  
LULUS, DENGAN REVISI MINOR

Catatan / revisi / masukan :

Nur Achmad Husin, ST., MT.

- Faktor air semen (FAS), disempurnakan dan dipahami, serta dituangkan dalam bab 2 dengan detail dan rinci, definisi fas di beton geopolimer, dan pemahaman yang berhubungan dengan proyek akhir ini di bab 2
- (komposisi beton)
  - Diperbaiki dan dilengkapi semua konsep-konsep utama di dalam beton geopolimer  
Disempurnakan bab III, mendetilkan prosedur pembuatan benda uji, khususnya perhitungan dan praktek molar, praktek molar ini kata kunci di penelitian geopolimer, konsep sistem kering dalam menentukan fakto
  - air di beton geopolimer
  -

e  
f

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

Dilengkapi logbook perihal perubahan benda uji, diperbaiki faktor karena perubahan benda uji, berat benda uji

- Disempurnakan di kesimpulan khususnya umur standar untuk beton normal (28 hari)
- Disempurnakan kembali definisi- resistivity, dan yang lain dan dijelaskan dg parameter yang lain dg baik
- Disempurnakan saran khususnya penggunaan peralatan untuk apa saja yang belum dilaksanakan dalam penelitian
- Dilengkapi keterangan berat benda uji di letakkan di hasil (bab IV)
- Diperbaiki satuan-satuan

### Tindak lanjut :

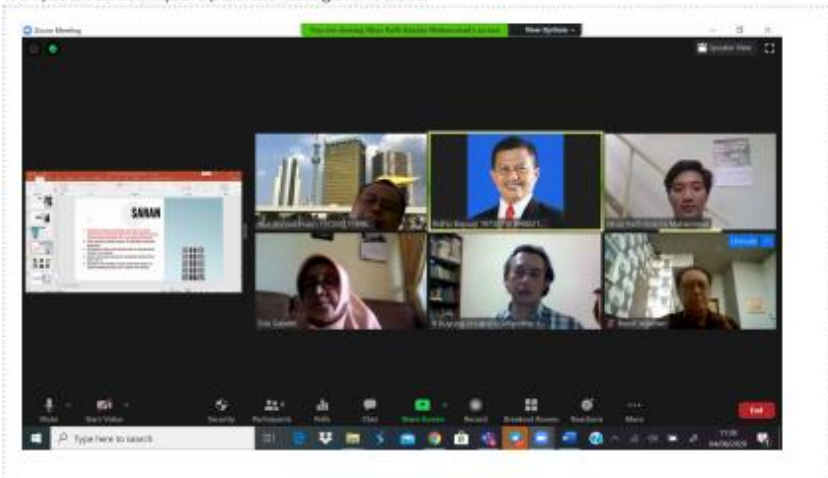
Mahasiswa memperbaiki/merevisi Proyek Akhir sesuai dengan masukan di atas.

### Penutup :

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

### Lampiran :

Tempelkan screen capture peserta meeting online disini.



**“PENGARUH VARIASI RASIO ZAT AKTIVATOR  
TERHADAP DURABILITAS DAN WORKABILITAS  
BETON GEOPOLIMER BERBASIS HIGH CALCIUM  
FLY ASH DENGAN MOLARITAS SODIUM  
HIDROKSIDA TINGGI”**

**Dosen Pembimbing 1 : Ir. Srie Subekti, MT.**

**Dosen Pembimbing 2 : Ridho Bayu Aji ST. MT., PhD**

**Mahasiswa : Nisar Rafii Ananta Muhammad**

**NRP : 10111610013041**

**Departemen : Teknik Rekayasa Pengelolaan  
dan Pemeliharaan Bangunan Sipil**

**ABSTRAK**

*Tolok ukur kemajuan suatu negara yaitu dengan melihat ketersediaan serta kualitas infrastruktur yang ada di dalamnya. Peran infrastruktur di negara Indonesia ini cukup vital, karena dengan infrastruktur kegiatan ekonomi di negara ini akan berjalan lancar sehingga roda ekonomi terus berputar. Sebuah bangunan infrastruktur mempunyai material dasar yaitu beton, kualitas bangunan sangat bergantung dari kualitas material beton itu sendiri. Selain kualitas material beton yang harus diperhatikan, hal yang tidak boleh luput dari perhatian yaitu efek yang ditimbulkan dari pembuatan material beton tersebut. Beton saat ini masih banyak menggunakan semen Portland, padahal dalam pembuatan semen Portland itu sendiri masih menimbulkan pencemaran lingkungan yang serius dimana dalam produksi semen akan memberikan sumbangan gas CO<sub>2</sub> pada global antropogenik.*



*Di Indonesia sendiri sudah mengenal jenis beton yang ramah lingkungan yaitu beton geopolimer, yaitu beton yang memanfaatkan bahan sisa untuk menggantikan peran semen sebagai bahan pengikatnya. Geopolimer adalah bahan anorganik yang mempunyai banyak kandungan Silikon (Si) dan Aluminium (Al) yang bereaksi dengan zat alkali sehingga menghasilkan material yang bersifat cementious yang dapat mereduksi penggunaan semen Portland yang fungsinya untuk bahan pengikat. Namun disamping keunggulan beton tersebut, beton geopolimer mempunyai permasalahan pada workabilitas dimana beton ini akan sulit dikerjakan sehingga sulit pula apabila di implementasi kan pada proyek struktural nyata.*

*Dalam penelitian ini akan dibahas dampak pemberian variasi rasio zat aktivator pada beton geopolimer berbasis high calcium fly ash, yaitu zat NaOH (Natrium Hidroksida) dan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (Natrium Silikat) dengan perbandingan 1,5; 2; 2,5 dengan SP 2% terhadap sampel beton geopolimer berbasis high calcium fly ash yang akan diuji untuk mengetahui workabililtas (kemudahan pengerjaan) serta durabilitas (ketahanan) beton tersebut*

*Keyword : Beton Geopolimer, Durabilitas, Fly ash, Natrium Hidroksida, Natrium Silikat, Workabilitas,*

**THE EFFECT OF ALKALINE ACTIVATOR  
RATIO VARIATION ON DURABILITY AND  
WORKABILITY OF GEOPOLYMER CONCRETE  
BASED OF HIGH CALCIUM FLY ASH WITH  
HIGH MOLARITY SODIUM HYDROXIDE**

**Supervisor 1 : Ir. Srie Subekti, MT.**  
**Supervisor 2 : Ridho Bayu Aji ST. MT., PhD**  
**Student name : Nisar Rafii Ananta**  
**Muhammad**  
**NRP : 10111610013041**  
**Departement : MANAGEMENT AND**  
**MAINTENANCE OF CIVIL INFRASTRUCTURE**  
**ENGINEERING**

***ABSTRACT***

*One of the indicators of the developed country is infrastructure availability and quality. Infrastructure has a important role, because it make a economic continues and so the citizen can live their live and their family. Infrastructure itself is make from a material called concrete, according to that, so the quality of infrastructure is depended on the quality of the concrete too. Beside of quality, we must concern about the effect of producing the concrete itself. Till now, concrete is produced by using a Portland cement that is dangerous for our environment because it will produce CO<sub>2</sub> in the antropogenic global.*

*In Indonesia, peoples are already knew about concrete that environment friendly, it is a geopolymer concrete. Geopolymer concrete is a concrete that arranged by waste material which have a same trait like cement. Geopolymer is a*

*anorganic material that have many Silica (SI) content and Aluminium (AI) the material which can react with alkaline rapidly so it can produce a cementious material which can reduce portland cement use. This concrete have a problem with workability, and that problem will effect into how applicable this concrete when applied in a real building project.*

*In this research, it will show about the effect of activator ratio variation into geopolymer concrete base on high calcium fly ash. The activator is a Sodium Hidroxyde (NaOH) and  $Na_2SiO_3$  (Sodium Sillicate) with variation ratio 1,5, 2, 2,5 and 2% SP (Superplasticizer) to geopolymer concrete sample base on high calcium fly ash which will be test to know about the workability and durability.*

*Keyword : Durability, Fly ash, Geopolymer concrete, , Sodium hidroxyde, Sodium sillicate, Workability,*

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan segala puji syukur kehadirat Tuhan YME atas segala rahmat dan karunia-Nya. Saya sebagai penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.

Tersusunnya Proyek Akhir Terapan ini tidak terlepas dari bantuan serta motivasi yang diberikan oleh berbagai pihak. Untuk ini pada kesempatan ini saya mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam Proyek Akhir ini. Ucapan terima kasih saya sampaikan terutama kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan kelancaran dalam penyusunan Proyek Akhir Terapan ini
2. Kedua orang tua dan saudara-saudara saya yang tercinta, sebagai penyemangat, pemberi motivasi dan banyak memberikan dukungan moral maupun material serta doanya.
3. Ibu Ir. Srie Subekti, MT. dan Bapak Ridho Bayuaji, ST. MT. PhD. Selaku dosen pembimbing yang telah mendidik dan banyak memotivasi dalam penyusunan Proyek Akhir Terapan ini.
4. Segenap dosen dan seluruh staf akademika yang membantu memberikan fasilitas, ilmu, serta Pendidikan hingga saya dapat menyelesaikan Proyek Akhir Terapan ini.
5. Teman teman lab beton, Atho, Ian, Jihad, Hermawan, Ferdi, Yosi, Syafiq, yang setiap hari menemani saya, membantu, menyemangati saya, dan memberikan masukan serta dukungan kepada saya
6. Rekan - rekan Cak dan Ning 2018 yang selalu mendukung saya dan menyemangati saya
7. Sahabat baik saya, Jeremy, Riskyana, Mas Reno, Mas Fafa, Fathiyya, Salsa dan Mazaya terimakasih telah menjadi sahabat yang baik bagi saya yang selalu memberikan dukungan, semangat, motivasi, serta doa hingga saya dapat menyelesaikan Proyek Akhir Terapan ini dengan baik.

8. Rekan-rekan sesama Mahasiswa Teknik Infrastruktur Sipil 2016 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.
9. Teman teman band saya grup Galactica, yang senantiasa menemani dan menyemangati saya untuk menyelesaikan Proyek Akhir ini

Dalam penyusunan Proyek Akhir Terapan ini, penulis menyadari masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangatlah diharapkan demi kesempurnaan Proyek Akhir Terapan ini.

Surabaya, 17 Juli 2020

Penulis,

**Nisar Rafii Ananta Muhammad**

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
ABSTRAK .....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Lokasi Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Beton Geopolimer .....	7
2.3 Metode pencampuran kering.....	8
2.4 Material Penyusun Beton Geopolimer.....	10
2.4.1 Fly ash.....	10
2.4.1.1 Keuntungan dan kelemahan menggunakan Fly ash ...	11

2.4.2	Sukrosa (SP).....	11
2.4.3	Alkali aktivator .....	12
2.4.3.1	Sodium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) .....	12
2.4.3.2	Sodium Hidroksida (NaOH).....	13
2.4.4	Agregat.....	13
2.4.4.1	Agregat kasar .....	14
2.4.4.2	Agregat halus .....	14
2.5	Durabilitas .....	14
2.6	Pengujian pada material penyusun (XRD dan XRF).....	15
2.6.1	XRF ( <i>X-RAY FLUOROSANCE</i> ).....	15
2.6.2	XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....	15
2.7	Workabilitas .....	16
2.8	Parameter yang perlu diperhatikan dalam membuat <i>mix design</i> bahan pengikat menggunakan metode kering .....	16
2.8.1	Perbandingan fly ash terhadap aktifator.....	16
2.9	<i>Mix Design</i> Beton Geopolimer .....	18
2.10	Faktor Air Semen (FAS) .....	20
2.11	Uji Slump .....	21
2.12	Pengujian Durabilitas .....	21
2.12.1	Porositas .....	22
2.12.2	Permeabilitas .....	22
2.12.3	Uji Resistivitas .....	23

2.12.4 Uji Kuat Tekan Beton .....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Umum.....	27
3.2 Flowchart Metodologi Penelitian.....	27
3.3 Studi Literatur .....	30
3.4 Persiapan Material.....	30
3.4.1 Jenis alkali aktifator .....	30
3.4.2 Fly Ash.....	30
3.4.3 Agregat.....	30
3.5 Analisa/Uji Karakteristik Material.....	31
3.5.1 Analisa <i>Fly Ash</i> .....	31
3.5.1.1 Uji XRF (X-Ray Fluorence).....	31
3.5.1.2 Uji XRD (X-ray Diffraction).....	31
3.5.2 Analisa Agregat Kasar (Kerikil) .....	31
3.5.3 Analisa Agregat Halus (Pasir).....	36
3.6 Uji Density NaOH.....	41
3.7 Pembuatan <i>Mix Design</i> untuk Beton Geopolimer.....	42
3.7.1 Perhitungan Konversi <i>Mix Design</i> dari Metode Basah ke Metode Kering.....	45
3.8 Membuat Beton Geopolimer Ukuran 15 x 30 cm.....	48
3.8.1 Pembuatan Semen Geopolimer .....	48
3.8.2 Pembuatan Beton Geopolimer .....	52
3.9 Perawatan Benda Uji.....	55



3.10	Pengujian Beton Geopolimer .....	56
3.10.1	Uji <i>slump</i> pada beton geopolimer (SNI 1972, 2008) .....	56
3.10.2	Uji Resistivitas (AASHTO, 2013) .....	57
3.10.3	Uji porositas beton geopolimer (ASTM C 642-06) .....	58
3.10.4	Uji <i>Permeabilitas</i> (ACI 301-72 (revisi 1975) .....	60
3.10.5	Uji Kuat Tekan Beton Geopolimer (ASTM, 2008) dan (Aashto T22, 2011) .....	62
3.11	Analisa Data .....	63
3.12	Jadwal Kegiatan .....	63
BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA .....		65
4.1	Umum .....	65
4.2	Spesifikasi Material Penyusun <i>Fly Ash</i> .....	65
4.2.1	Uji XRF .....	65
4.2.2	Uji XRD .....	66
4.3	Workabilitas .....	68
4.3.1	Uji Slump .....	69
4.4	Durabilitas .....	70
4.4.1	Analisa Hasil Tes Porositas .....	70
4.4.2	Analisa Hasil Uji Resistivitas .....	72
4.4.3	Uji Permeabilitas .....	75
4.5	Korelasi permeabilitas dan porositas .....	77
4.6	Analisa Hasil Uji Kuat Tekan .....	78

4.7	Korelasi antara Kuat Tekan dan Porositas .....	83
4.8	Korelasi antara Kuat Tekan dan Resistivitas .....	85
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		89
5.1	Kesimpulan .....	89
5.2	Saran.....	89
DAFTAR ACUAN.....		91
LAMPIRAN .....		101
LOG BOOK.....		115
BIODATA PENULIS.....		141

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 3.10-1</b> Cone slump, alat untuk mengukur nilai slump .....	57
<b>Gambar 3.10-2</b> Resipod, alat untuk menguji nilai resistivitas beton geopolimer.....	58
<b>Gambar 3.10-3</b> Menimbang benda uji jenuh untuk dilakukan uji porositas .....	59
<b>Gambar 3.10-4</b> Merendam benda uji untuk uji porositas .....	60
Gambar 3.10-5 Alat Uji Permeabilitas .....	61
<b>Gambar 3.10-6</b> Alat untuk menguji kuat tekan beton.....	63
Gambar 3.12-1 Rencana kegiatan penyusunan tugas akhir....	64
<b>Gambar 4.2-1</b> Luas puncak kristalin pada sudut 20 - 40 .....	67
<b>Gambar 4.2-2</b> Luas puncak kristalin pada sudut 40 - 54 .....	67
<b>Gambar 4.2-3</b> Luas puncak kristalin pada sudut 60 - 90 .....	67
<b>Gambar 4.2-4</b> Kandungan Mineral Hasil Pengujian XRD terhadap Fly Ash yang Digunakan .....	68
<b>Gambar 4.3-1</b> Nilai slump beton geopolimer seluruh variasi .....	69

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.2-1 Struktur jenis-jenis Polysialate .....	8
<b>Tabel 2.3-1</b> Perbedaan metode pencampuran basah dan kering .....	9
<b>Tabel 2.8-1</b> Perbandingan berat NaOH padat terhadap air di beberapa konsentrasi molar .....	17
<b>Tabel 2.8-2</b> Notasi dari prosentase kandungan oksida larutan silika .....	17
<b>Tabel 2.9-1</b> Kurva perbandingan kuat tekan rasio AAS/FA..	19
<b>Tabel 2.10-1</b> Persyaratan untuk beton berdasarkan kelas paparan (SNI 2847-2019).....	21
<b>Tabel 2.12-1</b> Klasifikasi kualitas beton berdasarkan koef. Permeabilitas .....	23
<b>Tabel 2.12-2</b> Klasifikasi Nilai Uji Resistivitas .....	24
<b>Tabel 3.5-1</b> Perhitungan berat jenis kerikil.....	32
<b>Tabel 3.5-2</b> Perhitungan berat volume lepas .....	33
<b>Tabel 3.5-3</b> Perhitungan keausan kerikil .....	34
<b>Tabel 3.5-4</b> Analisa Ayakan Agregat Kasar .....	35
<b>Tabel 3.5-5</b> Perhitungan berat jenis pasir .....	37
<b>Tabel 3.5-6</b> Perhitungan berat volume lepas pasir.....	38
<b>Tabel 3.5-7</b> Hasil Ayakan Tertahan.....	39
<b>Tabel 3.5-8</b> Prosentase Lolos Ayakan Tertahan .....	40
<b>Tabel 3.6-1</b> Perhitungan density NaOH 14 M.....	41
Tabel 3.7-1 Rekapitulasi perhitungan <i>mix design</i> beton geopolimer seluruh variasi .....	45
<b>Tabel 3.7-2</b> kandungan oksida dalam larutan Natrium silikat .....	45
<b>Tabel 3.7-3</b> Perbandingan berat NaOH padat dan air dalam beberapa konsentrasi molar larutan NaOH (Hardjito, 2005)..	46
<b>Tabel 3.7-4</b> kandungan oksida dalam larutan $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ (Hardjito, 2005).....	46
<b>Tabel 3.7-5</b> Rekapitulasi <i>Mix Design</i> Beton Geopolimer Seluruh Variasi Setelah di Konversi Metode Kering .....	48

<b>Tabel 3.10-1</b> Kelas kualitas permukaan beton kering .....	61
<b>Tabel 4.2-1</b> Hasil Uji XRF material fly ash .....	66
<b>Tabel 4.4-1</b> Hasil uji porositas beton geopolimer tipe C umur 28 hari seluruh variasi alkali aktivator .....	71
<b>Tabel 4.4-2</b> hasil uji porositas beton geopolimer tipe C 14 M akibat perbedaan rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ .....	71
<b>Tabel 4.4-3</b> Hasil uji resistivity beton geopolimer variasi rasio 2,5.....	73
<b>Tabel 4.4-4</b> Hasil uji resistivity beton geopolimer variasi rasio 2,0.....	73
<b>Tabel 4.4-5</b> Hasil uji resistivity beton geopolimer variasi rasio 1,5.....	74
<b>Tabel 4.4-6</b> Kategori nilai korosi menurut AASTHO T 358-15 .....	74
<b>Tabel 4.4-7</b> Hasil Uji Permeabilitas Beton Geopolimer Variasi 2,5.....	76
<b>Tabel 4.4-8</b> Hasil Uji Permeabilitas Beton Geopolimer Variasi 2,0.....	76
<b>Tabel 4.5-1</b> Rekapitulasi data permeabilitas dan porositas beton.....	77
<b>Tabel 4.6-1</b> Hasil uji kuat tekan beton geopolimer tipe C rasio 2,5.....	78
<b>Tabel 4.6-2</b> Klasifikasi standar deviasi 2,5.....	79
<b>Tabel 4.6-3</b> Hasil uji kuat tekan beton geopolimer tipe C rasio 2,0.....	79
<b>Tabel 4.6-4</b> Klasifikasi standar deviasi perbandingan 2,0.....	80
<b>Tabel 4.6-5</b> Hasil uji kuat tekan beton geopolimer tipe C rasio 1,5.....	80
<b>Tabel 4.6-6</b> Klasifikasi standar deviasi 1,5.....	81
<b>Tabel 4.7-1</b> Rekapitulasi Data Kuat Tekan dan Porositas Beton Geopolimer .....	83
<b>Tabel 4.8-1</b> Rekapitulasi Data Kuat Tekan dan Resistivitas Beton Geopolimer Variasi 2,5.....	85

<b>Tabel 4.8-2</b> Rekapitulasi Data Kuat Tekan dan Resistivitas Beton Geopolimer Variasi 2,0.....	85
<b>Tabel 4.8-3</b> Rekapitulasi Data Kuat Tekan dan Resistivitas Beton Geopolimer Variasi 1,5.....	86
<b>Tabel 4.8-4</b> Hubungan antara nilai kuat tekan dan resistivitas variasi rasio 2,5 .....	86
<b>Tabel 4.8-5</b> Hubungan antara nilai kuat tekan dan resistivitas variasi rasio 2,0 .....	87
<b>Tabel 4.8-6</b> Hubungan antara nilai kuat tekan dan resistivitas variasi rasio 1,5 .....	87

## DAFTAR GRAFIK

<b>Grafik 3.5-1</b> Grafik lengkung ayakan batu pecah, menunjukkan gradasi maksimal ada pada ukuran 20 mm .....	36
<b>Grafik 3.5-2</b> Gradasi Agregat Halus Menunjukkan Hasil Zona 4 .....	40
<b>Grafik 4.3-1</b> Grafik Nilai Slump Akibat Perbedaan Variasi Rasio.....	69
<b>Grafik 4.4-1</b> Hasil uji resistivitas beton geopolimer seluruh variasi .....	75
<b>Grafik 4.5-1</b> Korelasi permeabilitas dan porositas.....	77
<b>Grafik 4.6-1</b> Kuat tekan beton geopolimer Variasi Rasio Alkali Aktivator 2,5 .....	81
<b>Grafik 4.6-2</b> Kuat tekan beton geopolimer Variasi Rasio Alkali Aktivator 2,0 .....	82
<b>Grafik 4.6-3</b> Kuat tekan beton geopolimer Variasi Rasio Alkali Aktivator 1,5 .....	82
<b>Grafik 4.7-1</b> Hubungan antara kuat tekan dan porositas .....	84





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang, di negara berkembang itu sendiri dibutuhkan peningkatan dalam beberapa sektor agar negara semakin maju. Salah satunya yaitu peningkatan fasilitas infrastruktur yang sangat berguna untuk peningkatan ekonomi di daerah-daerah strategis. Dalam pembangunan infrastruktur itu sendiri juga diperlukan material untuk menunjang struktur utama maupun tambahan yaitu beton. Beton merupakan material yang sering digunakan saat ini. Hal itu dikarenakan beton mempunyai keawetan yang tinggi, mudah dibentuk dan mudah dibawa kemana-mana. Umumnya beton terbuat dari semen, namun akhir-akhir ini para ilmuwan mulai melakukan penelitian guna mencari bahan pengganti semen sebagai penyusun beton yang dianggap kurang ramah lingkungan. Material *fly ash* dianggap dapat menggantikan semen karena berasal dari limbah batu bara pabrik dan ketersediaannya sangat banyak sehingga mudah didapatkan. Material *fly ash* tersebut dicampur dengan aktifator sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) yang berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi serta larutan alkalinnya digunakan sodium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) yang berfungsi membantu untuk proses pengikatan antar partikel. Beton tersebut disebut beton geopolimer.

Beton geopolimer pertama kali dikembangkan oleh ilmuwan berkebangsaan Prancis bernama Joseph Davidovits. Beton geopolimer ini adalah jenis beton yang sama sekali tidak menggunakan semen sebagai bahan pengikat. Beton geopolimer ini berasal dari geopolimerisasi yaitu geosintesis alumino silikat polimerik dan alkali-silikat menjadi kerangka polimer  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$  yang terikat secara tetrahedral.

(Davidovits, 2008). (Muttashar, 2014) meneliti telah meneliti tingkat ketahanan pada beton geopolimer, dan ternyata banyak kelebihan yang dimiliki beton ini daripada beton konvensional yang sering kita jumpai, yaitu nilai kuat tarik dan tekan lebih tinggi, tahan terhadap serangan zat sulfat, tahan terhadap aktivitas bakar, serta lebih tahan terhadap lingkungan yang agresif. Bahan dasar untuk pembuatan beton geopolimer ini adalah *fly ash*. Pada penelitian ini akan digunakan beton *geopolymer high calcium fly ash* (tipe C) sebagai objek.

Beton geopolimer disebut-sebut mempunyai banyak kelebihan daripada beton konvensional dalam banyak hal. Disamping banyak kelebihan tersebut beton ini mempunyai beberapa masalah, yaitu dalam workabilitas. Workabilitas yaitu tingkat kemudahan pengerjaan beton dalam mencampur, mengaduk, menuang dalam cetakan dan pemadatan tanpa homogenitas beton berkurang dan beton tidak mengalami bleeding yang berlebihan untuk mencapai kekuatan beton yang diinginkan (Sitindaon, 2014). Beton geopolimer tipe C ini dinilai mempunyai workabilitas yang rendah, dikarenakan workabilitas ini tentunya berhubungan dengan setting time yang begitu cepat. Banyak penelitian yang dilakukan untuk menyelidiki bagaimanakah memperbaiki tingkat workabilitas pada beton geopolimer ini. (Shadnia et al., 2015) menemukan workabilitas beton geopolimer akan meningkat apabila molaritas sodium hidroksida (NaOH) berkurang dengan perbandingan rasio alkali aktifator dengan fly ash. Hal serupa ditemukan oleh (Lokuge et al., 2018) yang menemukan bahwa kenaikan molaritas sodium hidroksida (NaOH) membuat nilai slump pada beton geopolimer berkurang. (Ramujee & Potharaju, 2017) mempelajari bahwa workabilitas dari beton geopolimer ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti perbandingan aktifator/fly ash, rasio sodium silikat/sodium hidroksida dan perbandingan liquid/fly ash. Pada penelitian sebelumnya telah diteliti pengaruh variasi rasio zat aktifator

dengan NaOH terhadap kuat tekan beton geopolimer, (perna et al 2010) meneliti bahwa semakin besar rasio zat aktifator maka semakin kecil pula nilai slump pada pasta beton geopolimer.

Durabilitas merupakan hal yang penting pada beton, Beton yang mempunyai durabilitas tinggi akan memperawet umur bangunan juga oleh sebab itu banyak ilmuwan meneliti bagaimana meningkatkan durabilitas pada beton, karena durabilitas mempunyai peran penting dalam umur bangunan, keselamatan serta perilaku mekanis material. Penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa beton geopolimer mempunyai durabilitas yang lebih tinggi daripada beton konvensional. Meskipun begitu durabilitas beton ini perlu diselidiki lebih lanjut untuk memahami sifat dari beton geopolimer pada lingkungan ekstrim. Pada beton geopolimer, tingkat durabilitas terbagi dari beberapa jenis yaitu ketahanan terhadap bahan kimia, ketahanan terhadap serangan sulfat, Serangan zat asam, ketahanan terhadap suhu dan temperatur tinggi.

Dalam penelitian tugas akhir ini akan dengan tujuan mengetahui pengaruh variasi rasio zat aktivator terhadap durabilitas dan workabilitas pada beton geopolimer dengan variasi perbandingan zat aktivator pada beton *geopolymer high calcium fly ash*. Untuk zat aktifator digunakan sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) yang berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi di dalam beton. Sedangkan untuk larutan alkalinnya akan digunakan sodium hidroksida (NaOH) yang berfungsi untuk membantu pengikatan partikel partikel yang ada didalam beton geopolimer.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Beton geopolimer merupakan beton yang mempunyai workabilitas yang rendah, sehingga apabila diterapkan didalam pekerjaan konstruksi maka beton akan menjadi sulit dikerjakan. Maka dari itu pengaruh variasi rasio alkali aktifator terhadap NaOH pada workabilitas beton geopolimer tipe C ini perlu di investigasi. Karena sampai saat ini masih belum ditemukan

berapakah perbandingan alkali aktifator dan NaOH yang tepat untuk beton geopolimer tipe C ini agar didapatkan workabilitas yang baik dan beton geopolimer dapat digunakan secara masal. Selain workabilitas, hal yang tak kalah pentingnya yaitu durabilitas beton itu sendiri. Sampai saat ini masih belum diketahui tingkat durabilitas dari beton geopolimer berdasarkan variasi rasio alkali aktifator 1,5, 2, dan 2,5. Maka hal inipun harus diinvestigasi lebih lanjut.

### **1.3 Tujuan**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rasio yang tepat  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  terhadap NaOH pada beton geopolimer tipe C agar mendapatkan workabilitas yang optimal, untuk mengetahui tingkat durabilitas pada masing masing komposisi variasi rasio yang telah dibuat serta diuji dengan pengujian pengujian yang telah ditentukan., dan mengetahui rasio alkali aktivator yang tepat untuk mendapatkan kuat tekan yang optimal.

### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang akan diulas dalam penelitian ini yaitu :

1. Semua hal yang berkaitan dengan perencanaan maupun pembuatan geopolimer tidak dipandang dari segi biaya jika dibandingkan dengan beton konvensional
2. Pada pembuatan benda uji geopolimer, molaritas NaOH yang digunakan dalam benda uji yaitu 14 Molar
3. Variasi Rasio alkali aktivator yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1,5 ; 2 ; 2,5
4. Fly ash yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe C
5. Rasio Superplasticizer yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2%

6. Semua data dan hasil yang dilampirkan pada Tugas Akhir ini merupakan hasil dari penelitian di laboratorium
7. Pengujian Slump, Permeabilitas, Porositas, Kuat tekan dan Resistivitas dilakukan di kampus Teknik Infrastruktur Sipil ITS, Surabaya
8. Pengujian dilakukan pada beton usia 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari
9. Pencampuran beton menggunakan metode kering

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang akan didapat dalam penelitian ini yaitu

1. Mengurangi efek penggunaan semen sebagai bahan utama dalam pembuatan beton
2. Dapat mengurangi jumlah limbah pembakaran batu bara dengan menggunakannya sebagai bahan material bangunan (beton geopolimer)
3. Mendapatkan beton geopolimer dengan kuat tekan minimal 35 Mpa
4. Mendapatkan rujukan komposisi variasi rasio zat aktivator pada beton geopolimer high calcium fly ash untuk mutu yang diinginkan yaitu 35 MPA

### **1.6 Lokasi Penelitian**

Lab. Beton Departemen Teknik Infrastruktur Sipil - FV  
ITS

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

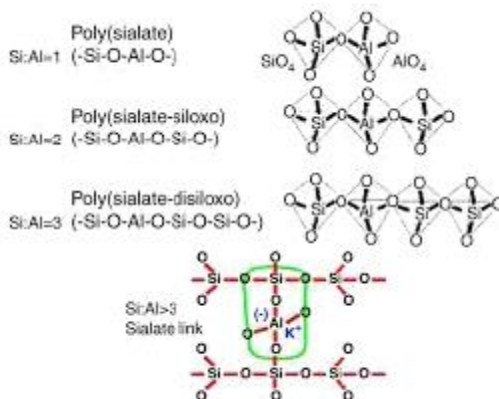
#### 2.1 Umum

Beton geopolimer merupakan generasi ketiga dari “semen” setelah kapur dan semen Portland. Beton geopolimer terbuat dari reaksi polimerisasi alumunium silikat seperti fly ash, metakolin (MK), slag (SG), abu sekam padi (RHA) dan abu kayu berkalsium tinggi yang dicampur dengan larutan alkali aktifator. Beton ini merupakan terobosan baru dalam bidang teknologi beton yang dianggap lebih ramah lingkungan karena dalam pembuatannya sama sekali tidak menggunakan semen dimana dalam produksi semen itu sendiri menghasilkan banyak gas CO<sub>2</sub> hasil sisa pembakaran. Namun, pada saat ini beton geopolimer masih dalam tahap investigasi mengenai sifat sifatnya untuk lebih mengenal beton tersebut. Pada penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa beton geopolimer dinilai cocok digunakan untuk elemen struktural berdasarkan hasil tes slump dan perbandingan kekuatan dengan beton konvensional. Dengan banyaknya keunggulan yang dimiliki beton geopolimer tidak heran di masa depan jenis beton ini akan menjadi material utama yang banyak dipakai dalam bidang konstruksi.

#### 2.2 Beton Geopolimer

Beton geopolimer pertama kali diteliti oleh Joseph Davidovits pada tahun 1978. Dalam penelitian itu menyatakan bahwa larutan alkaline bisa dibuat dengan bahan dasar Fly Ash untuk menghasilkan binder. (Davidovits, 1994) juga menyatakan reaksi kimia yang terjadi dalam pencampuran material diatas merupakan hasil proses polimerisasi yang disebut geopolimer pada binder tersebut. Dalam reaksi polimerisasi ini Alumunium (Al) dan Silika (Si) mempunyai peranan penting dalam ikatan polimersiasi karena reaksi antara keduanya dengan *alkaline* akan menghasilkan AlO<sub>4</sub> dan SiO<sub>4</sub>

Tabel 2.2-1 Struktur jenis-jenis Polysialate



Beton geopolimer merupakan beton yang tidak menggunakan semen sebagai bahan pada campurannya. Fly ash digunakan sebagai pengganti dari semen untuk dijadikan bahan pada campuran. Fly ash adalah limbah yang dihasilkan dari proses pembakaran batu bara. Fly ash sendiri digunakan karena memiliki keunggulan yaitu daya lekatnya kuat akibat kandungan silika dan alumina dengan kadar kapur yang rendah. Tetapi, fly ash tidak memiliki daya ikat seperti halnya semen. Namun dengan adanya air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung fly ash akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat.

### 2.3 Metode pencampuran kering

Metode pencampuran kering merupakan metode dimana bahan kimia alkali aktivator dicampur bersamaan dengan bahan pozzolan menggunakan komposisi tertentu, sehingga dihasilkan butiran halus semen, pada konteks ini yaitu semen geopolimer. Semen ini cukup ditambahkan air saja dalam aplikasi



penggunaanya. Metode ini dinilai cocok untuk fly ash tipe C dikarenakan fly ash ini mempunyai setting time yang cepat sehingga metode pencampuran kering dapat dijadikan metode untuk mencampur beton geopolimer dengan fly ash tipe C ini. Dalam penyajiannya pun terdapat beberapa perbedaan antara metode pencampuran kering dan metode pencampuran basah ini. Yaitu :

**Tabel 2.3-1** Perbedaan metode pencampuran basah dan kering

<b>Metode pencampuran basah</b>	<b>Metode pencampuran kering</b>
1. Proses pencampuran semua bahan dilakukan secara serentak pada saat itu juga, baik bahan pengikat maupun bahan pengisi	1. Proses dalam menghasilkan bahan pengikat (semen geopolimer) dilakukan di tempat lain sebelum pencampuran dilakukan
2. Ketentuan desain campuran harus mengetahui karakteristik masing masing material (Seperti pengujian XRF untuk bahan pozzolan) dan komposisi kimia untuk bahan alkali aktivator untuk menghitung perbandingan komposisi yang optimum berdasarkan rasio molaritas yang telah disarankan pada penelitian sebelumnya	2. Ketentuan desain campuran berdasarkan rasio air terhadap semen geopolimer (w/c ratio).

**Sumber :** (Abdullah, 2013)

## 2.4 Material Penyusun Beton Geopolimer

### 2.4.1 Fly ash

Fly ash mempunyai fisik yang lebih halus daripada butiran semen dan memiliki sifat hidrolik. Apabila fly ash digunakan sebagai bahan tambahan atau pengganti sebagian semen maka tidak sekedar menambah kekuatan dari mortar. Tetapi secara mekanis fly ash ini akan mengisi ruang kosong (rongga) di antara butiran butiran dan akan memberikan sifat hidrolik pada kapur mati yang didapat dari proses hidrasi, dimana mortar hidrolik ini akan lebih kuat daripada mortar udara. Pembakaran batu bara yang menghasilkan fly ash ini memiliki kandungan kimia maupun sifat fisik yang banyak macamnya. ASTM C618 mengategorikan fly ash menjadi 2 kelas berdasarkan jenis bahan bakar yang digunakan yaitu :

- Kelas F : Fly ash mengandung  $\text{CaO} < 10\%$ . Tipe F ini dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis *anthracite* atau *bitumen*. Kadar  $\text{Na}_2\text{O}$  kurang dari 5% dan kadar  $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{FeO}_3) > 70\%$
- Kelas C : Fly ash yang mengandung  $\text{CaO} > 10\%$ . Tipe C ini dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis *lignite* atau *sub bitumen*. Kadar  $\text{Na}_2\text{O}$  mencapai 10% dan kadar  $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{FeO}_3) > 50\%$

Fly ash merupakan bahan pozzolan buatan karena mempunyai sifat yang pozzolanic, partikel halus tersebut.

Pada penelitian ini digunakan fly ash tipe C, yang biasa disebut *high calcium fly ash*. Karena mempunyai kadar kalsium ( $\text{CaO}$ ) yang tinggi membuat fly ash ini mengalami reaksi hidrasi dan reaksi polimerisasi secara bersamaan. Reaksi hidrasi merupakan reaksi yang menghasilkan panas, sedangkan pada

beton geopolimer dibutuhkan suhu awal yang rendah agar tidak terjadi setting time yang cepat.

### **2.4.1.1 Keuntungan dan kelemahan menggunakan Fly**

#### **ash**

Fly ash cukup baik jika digunakan sebagai bahan ikat karena mempunyai bahan penyusun silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ), aluminium ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan kalsium ( $\text{CaO}$ ). Beberapa zat lain seperti magnesium, potassium, sodium, titanium dan sulfur juga ada namun jumlahnya kecil. Oksida tersebut dapat bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen ketika bereaksi dengan air.

Selain memiliki banyak kelebihan tentunya fly ash ini juga mempunyai kelemahan yaitu sebagai bahan mortar geopolimer ini memiliki proses pengerasan dan penambahan kekuatan mortarnya agak lambat, sehingga penggunaan fly ash ini kurang tepat untuk pengerjaan mortar yang memerlukan waktu pengerasan dan kekuatan awal yang tinggi.

### **2.4.2 Sukrosa (SP)**

Sukrosa mempunyai rumus molekul  $\text{CH}_2\text{HH}_{22}\text{O}_{11}$ . Senyawa ini dikenal sebagai sumber nutrisi serta dibentuk oleh tumbuhan, tidak dengan organisme lain seperti hewan ataupun manusia. Sukrosa berfungsi sebagai bahan *admixture* yang bertujuan untuk memperbaiki workabilitas pada beton geopolimer. Sukrosa memiliki sifat mekanis mekanis seperti meningkatkan viskositas dan mengurangi permeabilitas beton geopolimer. Sukrosa ini dipilih karena dinilai dapat meningkatkan final setting time pasta beton geopolimer, hal ini dikarenakan sukrosa dapat menutup partikel fly ash dari larutan alkali. Sedangkan untuk initial setting time, sukrosa dianggap memiliki efek yang begitu signifikan (Rattanasak et al., 2011).

### 2.4.3 Alkali aktivator

Sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dan Sodium Hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) biasa digunakan sebagai alkaline aktivator (Hardjito, et.al, 2004). Kedua zat ini memiliki fungsi masing masing, Sodium silikat mempunyai fungsi sebagai katalis dalam reaksi polimerisasi. Sedangkan sodum hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam fly ash sehingga menghasilkan ikatan polimer yang kuat.

Selain itu, diketahui bahwa sukrosa dapat menghambat pengendapan kalsium aluminat hidrat pada campuran, yang menyebabkan *setting time* menjadi lebih lama.

#### 2.4.3.1 Sodium Silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )

Sodium silikat merupakan bahan yang paling lama dan paling aman digunakan di dalam industri kimia. Karena produksinya yang lebih sederhana daripada bahan-bahan lainnya menyebabkan sodium silikat berkembang dengan cepat sejak tahun 1818. Bahan ini dapat dibuat dengan 2 proses yaitu proses kering dan proses basah. Pada proses kering, sodium carbonate dicampur dengan pasir ( $\text{SiO}_2$ ) atau bisa juga menggunakan potassium carbonate ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) pada temperature 1100 - 1200°C. Hasil reaksi tersebut menghasilkan kaca (cullets) yang apabila dilarutkan dalam air dengan tekanan tinggi akan menghasilkan cairan yang kering dan sedikit kental. Sedangkan pada proses basah, pasir ( $\text{SiO}_2$ ) dicampur dengan sodium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) melalui proses filtrasi sehingga menghasilkan sodium silikat yang murni.

Sodium Silikat ini merupakan elemen penting dalam proses polimerisasi karena perannya sebagai katalis. Reaksi terjadi secara cepat ketika larutan alkali banyak mengandung larutan silika seperti sodium silikat, dibandingkan reaksi yang terjadi akibat larutan alkali yang mengandung banyak larutan hidroksida. Dalam penelitian ini akan digunakan variasi

perbandingan antara komposisi sodium hidroksida dan sodium silikat yaitu 1,5 ; 2 ; 2,5

### **2.4.3.2 Sodium Hidroksida (NaOH)**

Sodium Hidroksida merupakan salah satu jenis alkali yang digunakan dalam suatu bahan pengikat geopolimer. Selain Sodium Hidroksida terdapat Kalsium Hidroksida (KOH). Tetapi, NaOH lebih banyak dipilih karena dinilai lebih ekonomis. Natrium hidroksida biasa dijual dengan bentuk flake (padat) dengan tingkat asai 97% - 99% (Criado et al., 2010)

Material ini mempunyai sifat higroskopis, apabila dibiarkan di ruang terbuka dan terkontak langsung dengan udara maka NaOH akan menyerap air yang terkandung di udara dan membuatnya seperti meleleh (JSIA, 2006)

Dalam penggunaannya sebagai material penyusun bahan pengikat beton geopolimer, kebanyakan disiapkan secara tertutup, lalu ditimbang dan segera dikonsentrasikan menjadi suatu larutan sesuai molar yang didesain, dan ditempatkan disuatu botol tertutup. Hal ini disebabkan oleh tidak stabilnya masa sodium hidroksida karena memiliki sifat higroskopis jika tidak segera dilarutkan.

### **2.4.4 Agregat**

Agregat merupakan bahan pengisi pada beton. Volume agregat pada beton geopolimer ini sekitar 75% - 80%, sehingga bahan pengikatnya berkisar 20% - 25% dari total berat beton (Hardjito dan Rangan, 2005). Alkali Aktivator (Sodium Silikat dan Sodium Hidroksida).

Agregat yang digunakan haruslah bersih, karena kebersihan agregat mempunyai pengaruh kepada performa beton itu sendiri. Apabila kandungan lumpur melebihi 2,5% pada agregat halus maka harus dicuci terlebih dahulu. Pada agregat kasar kandungan lumpurnya tidak boleh lebih dari 1%.

Pemilihan agregat harus digunakan agregat yang dalam keadaan jenuh kering muka.

#### **2.4.4.1 Agregat kasar**

Agregat kasar haruslah memenuhi syarat – syarat yang ada pada SNI-03-2461-1991/2002, yaitu :

- Penyerapan air < 3 %
- Tidak mengandung lumpur > 1 % berat kerning
- Agregat pipih dan agregat Panjang 20%
- Keausan dengan los angeles 500 putaran, bagian yang hancur < 1,7 mm : < 50% untuk mutu < 20 MPa, < 40% untuk mutu 21-40 MPa, dann 27% untuk mutu > 40 MPa

#### **2.4.4.2 Agregat halus**

Agregat halus haruslah memenuhi syarat – syarat yang ada pada SNI-03-2461-1991/2002 dan ASTM C33, yaitu :

- Kadar lumpur maks 3% berat kering (beton yang mengalami abrasi) dan maks 5% berat kering (Beton yang tidak mengalami abrasi)
- Penyerapan air maks 2%
- Hilang pijar (loss on ignition) maks 5%
- Modulus kehalusan (fineness modulus) antara 1,5 – 3,8. Variasi kehalusan agregat halus yang digunakan dalam *mix design* tidak boleh lebih dari 7%.

### **2.5 Durabilitas**

Durabilitas merupakan tingkat ketahanan beton, semakin bagus durabilitas beton maka umur beton akan lebih panjang. Untuk mengukur tingkat durabilitas beton diperlukan banyak parameter seperti ketahanan terhadap bahan kimia, serangan air, tahan terhadap cuaca, tahan terhadap panas dan lain lain. (Albitar et al., 2017) menyatakan bahwa beton geopolimer mempunyai ketahanan yang baik terhadap serangan bahan kimia dibandingkan dengan beton biasa. Neton geopolimer

mempunyai tingkat kepadatan yang tinggi sehingga menyebabkan beton geopolimer ini lebih tahan terhadap serangan terhadap zat asam (Mehta & Siddique, 2017).

Pada penelitian ini uji durabilitas akan dilakukan pada benda uji beton yang dibuat berdasarkan masing masing komposisi yang telah ditentukan. Uji durabilitas ini dinilai perlu, karena untuk mengetahui tingkat durabilitas (ketahanan) pada beton geopolimer sehingga kita dapat mengetahui perbedaan tingkat durabilitas dari masing masing komposisi yang telah dibuat.

## **2.6 Pengujian pada material penyusun (XRD dan XRF)**

### **2.6.1 XRF (X-RAY FLUOROSENCE)**

XRF (*X-ray Fluorosence*) mempunyai tujuan untuk mengetahui data kuantitatif dan kualitatif kandungan unsur dalam suatu material. XRF ini banyak digunakan karena dinilai mudah, cepat dan tidak merusak sampel yang diuji. Metode ini dipilih untuk aplikasi di lapangan dan industri untuk kontrol material. XRF tidak hanya menghasilkan sinar X tetapi juga sumber eksitasi primer yang lain seperti partikel alfa, proton atau sumber electron dengan energi tinggi, tergantung kebutuhan pengujian itu sendiri.

### **2.6.2 XRD (X-Ray Diffraction)**

*X-ray diffraction* merupakan metode analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi kristalin yang terkandung dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta mendapatkan ukuran partikel tersebut. Difraksi sinar X ini dapat digunakan untuk beberapa hal, yaitu :

- Pengukuran jarak rata-rata antara lapisan atau baris atom
- Penentuan kristal tunggal
- Penentuan struktur kristal dan material yang tidak

diketahui

Difraksi sinar X dapat terjadi karena adanya hamburan elastis foton-foton sinar X oleh atom dalam sebuah kisi periodik. Hamburan monokromatis sinar X dalam fasa tersebut memberikan interferensi yang konstruktif (Lab terpadu undip, 2013)

## **2.7 Workabilitas**

Workabilitas bisa didefinisikan sebagai tingkat kemudahan beton segar untuk dikerjakan. Parameter tingkat workabilitas ini bisa didapat melalui pengujian slump. Semakin besar nilai slump, berarti beton semakin encer yang berarti beton mudah dikerjakan. Nilai slump normal sekitar 5 – 120 cm. Beberapa hal yang mempengaruhi workabilitas ini yaitu seperti, jumlah air yang dipakai, gradasi agregat, bentuk butiran agregat.

## **2.8 Parameter yang perlu diperhatikan dalam membuat *mix design* bahan pengikat menggunakan metode kering**

Pada penelitian ini, digunakan metode pencampuran kering untuk mencampur semen geopolimer. Namun dalam pelaksanaannya ada beberapa parameter yang harus diperhatikan. Parameter serta perhitungannya yaitu sebagai berikut :

### **2.8.1 Perbandingan fly ash terhadap aktifator**

Jika dalam metode basah perbandingan yang digunakan yaitu fly ash terhadap larutan aktifator, namun untuk metode pencampuran kering perbandingan yang digunakan yaitu fly ash terhadap padatan aktifator. Agar didapatkan data tersebut, maka diperlukan konversi dari metode pencampuran basah menuju kering, berikut adalah urutannya :



1. Siapkan *mix design* bahan pengikat beton geopolimer yang masih menggunakan metode pencampuran basah
2. Sajikan tabel spesifikasi dari larutan aktifator yang digunakan

**Tabel 2.8-1** Perbandingan berat NaOH padat terhadap air di beberapa konsentrasi molar

Molaritas	Padatan (gr)	Air (gr)	Padatan/Larutan	Padatan/Air
16	444	556	44%	80%
14	404	596	40%	68%
12	361	639	36%	56%
10	314	686	31%	46%
8	262	738	26%	36%

Untuk  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , karena komposisi tiap produk berbeda beda maka disajikan dalam bentuk notasi

**Tabel 2.8-2** Notasi dari prosentase kandungan oksida larutan silika

Oksida	Notasi
$\text{SiO}_2$	% $\text{SiO}_2$
$\text{Na}_2\text{O}$	% $\text{Na}_2\text{O}$
Air ( $\text{H}_2\text{O}$ )	% $\text{H}_2\text{O}$

3. Menghitung massa padat aktifator dan prosentase perbandingan fly ash terhadap padatan aktifator
  - Menghitung NaOH padat :
 
$$\text{NaOH}_{\text{padat}}(\text{W}_{\text{ph}}) = \text{W}_{\text{lh}} \times \text{rasio padatan/larutan}$$
  - Menghitung  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  padat :

$$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \text{ padat}(W_{ps}) = W_{ls} \times (100\% - \%H_2O)$$

- Menghitung %fly ash dalam suatu campuran bahan pengikat geopolimer :

$$\%Fly \ ash = \frac{Berat \ FA}{Berat \ FA + Na_2SiO_3 \text{ padat} + NaOH \text{ padat}}$$

- Menghitung faktor air semen :

$$FAS = \left( \frac{Jumlah \ air}{Jumlah \ Fly \ Ash + NaOH + Na_2SiO_3} \right)$$

## 2.9 Mix Design Beton Geopolimer

*Mix design* beton merupakan proses untuk memilih bahan dengan pertimbangan tertentu dan menentukan proporsi yang relatif yang memiliki tujuan untuk menghasilkan beton dengan kualitas tertentu. Pada penelitian ini proses *mix design* akan mengacu pada jurnal (Phoo-Ngernkham et al., 2018). Menurut jurnal tersebut proses proses pada *mix design* beton geopolimer yaitu :

1. Pilih ukuran maksimum dari agregat kasar

Pada proses ini dilakukan pemilihan ukuran maksimum dari agregat kasar berdasarkan Analisa ayakan yang sudah dilakukan.

2. Memilih alkali aktivator dan

Alkali aktivator dipilih berdasarkan ukuran maksimum agregat kasar sesuai standart ACI.

Normal maximum size of the aggregate (mm)	Maximum water content (kg/m <sup>3</sup> )	Percentage of void (%)
10	225	3.0
12.5	215	2.5
20	200	2.0

3. Menghitung alkali aktifator berdasarkan persentase void didalam agregat halus

$$\left\{ \left[ 1 - \left( \frac{\rho_{RS}}{S_G \rho_w} \right) \right] \times 100 \right\} - 35 \left| \times 4,75 \right.$$

Keterangan :

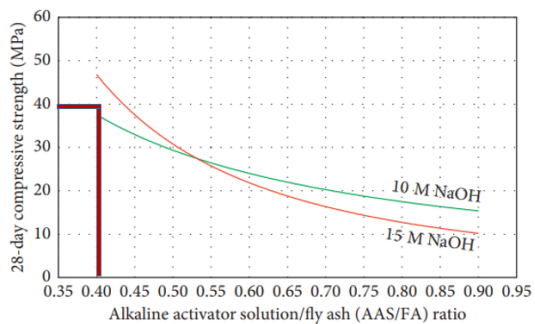
$\rho_{RS}$  = Berat Jenis pasir dalam kondisi SSD  
(Kg/m<sup>3</sup>)

$S_G$  = Spesifik Gravity pasir

$\rho_w$  = Berat jenis air (Kg/m<sup>3</sup>)

4. Menentukan larutan alkali aktifator untuk rasio abu terbang

**Tabel 2.9-1** Kurva perbandingan kuat tekan rasio AAS/FA



5. Menghitung kebutuhan *Fly ash*

$$Fly\ Ash = \frac{AAS}{Rasio\ AAS/FA}$$

6. Menghitung kebutuhan alkali aktifator secara individu (NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>)

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

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

7. Menghitung kebutuhan agregat halus dan kasar

- Agregat halus

$$MRS = 0,3SG(RS)[1 - VFA - VNaOH - VNa_2SiO_3 - Vair]x1000$$

- Agregat kasar

$$MLS = 0,7SG(RS)[1 - VFA - VNaOH - VNa_2SiO_3 - Vair]x1000$$

8. Menentukan dosis superplasticizer

$$SPdosage = \left(\frac{2}{100}\right) x 600,52 = 12,01\ kg/m^3$$

Setelah semua elemen dihitung, maka dapat direkap hasil perhitungan perhitungan yang sudah dilakukan untuk memudahkan proses mix design.

## 2.10 Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen adalah rasio jumlah air terhadap jumlah semen didalam *mix design* beton, dalam hal ini semen geopolimer. Faktor air semen merupakan salah satu aspek penting pada *mix design* beton geopolimer ini. Karena besarnya faktor air semen ini mempengaruhi kuat tekan beton itu sendiri. Pada penelitian ini syarat kelas paparan yang digunakan adalah C2. Kelas paparan C2 ini disyaratkan untuk komponen struktur beton yang mengalami kontak langsung dengan air laut (lingkungan klorida) dimana FAS maksimum yang diperbolehkan pada beton yaitu sebesar 0,4..

**Tabel 2.10-1** Persyaratan untuk beton berdasarkan kelas paparan  
(SNI 2847-2019)

Kelas paparan	w/cm maks.	$f_c'$ min., MPa	Kadar ion klorida (Cl <sup>-</sup> ) larut air maksimum dalam beton, persen oleh berat semen		Persyaratan minimum tambahan
			Beton bertulang	Beton prategang	
C0	T/A	17	1,00	0,06	Tidak ada
C1	T/A	17	0,3	0,06	
C2	0,40	35	0,15	0,06	Selimit beton (pasal 20.6)

### 2.11 Uji Slump

Uji Slump adalah uji untuk menentukan workabilitas beton segar. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Maka dengan uji ini akan diketahui apakah beton mempunyai porsi air yang cukup. Campuran beton yang terlalu cair akan menyebabkan mutu beton rendah, dan lama mengering. Sedangkan campuran beton yang terlalu cair akan menyebabkan adukan beton tidak merata dan sulit untuk dicetak. Pengujian ini dilakukan berdasarkan SNI 1972-2008 (SNI 1972:2008, 2008). Alat uji slump harus berupa logam yang tidak lengket dan juga tidak bereaksi dengan pasta semen. Beton dengan nilai slump kurang dari 15 mm dinilai tidak cukup plastis sedangkan beton yang mempunyai nilai slump lebih dari 230 mm mungkin tidak cukup kohesif untuk pengujian ini.

### 2.12 Pengujian Durabilitas

Pada penelitian ini pengujian durabilitas akan dilakukan pada benda uji beton yang dibuat berdasarkan masing masing komposisi yang telah ditentukan. Uji durabilitas ini dinilai perlu, karena untuk mengetahui tingkat durabilitas (ketahanan) pada beton geopolimer sehingga kita dapat mengetahui

perbedaan tingkat durabilitas dari masing masing komposisi yang telah dibuat.

### 2.12.1 Porositas

Porositas adalah ukuran banyaknya ruang kosong dalam material, dalam penelitian ini yang kita bahas adalah beton geopolimer. Pori pada beton terjadi karena kesalahan dalam pelaksanaan dan pengecoran seperti faktor air semen yang berpengaruh pada lekatan antara semen dan pasta. Adanya pori pori pada beton dapat menurunkan kuat tekan dan durabilitas. Pengujian porositas ini mengacu pada standart ASTM C 642-06 (*Standard Test Method for Specific Gravity, Absorption dan Voids in Hardened Concrete*). Tingkat porositas dapat dihitung menggunakan rumus :

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

Dimana :

P = Total Porositas (%)

$W_{sa}$  = Berat benda uji jenuh air di udara (gr)

$W_{sw}$  = Berat benda uji jenuh air dalam air (gr)

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

### 2.12.2 Permeabilitas

Daya tahan struktur beton di bawah pengaruh lingkungan yang agresif pada dasarnya tergantung pada kualitas dari lapisan permukaan yang relative tipis (20 – 50 mm). Lapisan ini berfungsi untuk melindungi tulangan dari korosi yang mungkin terjadi karena masuknya zat klorida sehingga menghasilkan pori beton atau efek kimia lainnya. Faktor utama dalam nilai permeabilitas yaitu faktor air semen dan konektivitas antar agregat dengan pengikat. Semakin tinggi nilai faktor air semen, maka Permeabilitas beton tersebut semakin buruk (Wimalasiri et

al., 2018). Hal ini mempunyai kaitan dengan terjadinya penguapan air dalam beton yang menghasilkan pori-pori, sehingga nilai permeabilitasnya semakin buruk. Sedangkan konektivitas antar agregat dengan pengikat memiliki potensi terjadinya keretakan setelah beton menerima beban dari luar akan menyebabkan nilai permeabilitas semakin meningkat pula.

Uji permeabilitas yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji permeabilitas udara, karena dianggap cepat dan tidak merusak sampel beton yang akan diuji

Dalam output alat permeabilitas terbaca nilai  $kT$  (koef. Permeabilitas) dan  $L$  (ketebalan). Pengujian ini mengacu ada standart SN 505 252/1, Annex E. Permeabilitas dalam ruang bebas (vakum) adalah mungkin permeabilitas terendah dan nilai nilainya adalah  $1,000 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ .

**Tabel 2.12-1** Klasifikasi kualitas beton berdasarkan koef. Permeabilitas

Kualitas Beton	Indeks	$kT$ ( $10^{-16} \text{ m}^2$ )
Sangat Jelek	5	$>10$
Jelek	4	$1.0 - 10$
Normal	3	$0.1 - 1.0$
Baik	2	$0.01 - 0.1$
Sangat Baik	1	$< 0.01$

Sumber : *Operating Instrution Permeability Tester TORRENT*

### 2.12.3 Uji Resistivitas

Uji resistivitas dapat dimanfaatkan sebagai salah satu parameter yang digunakan untuk menganalisis seberapa cepat peluang terjadinya korosi pada campuran semen seperti mortar atau beton (Wirawan, 2009). Resistivitas yang diselidiki adalah resistivitas beton, dimana resistivitas tersebut berfungsi sebagai pelindung baja dari korosi. Korosi pada beton terjadi akibat terbentuknya ettringe akibat reaksi kimia

antara unsur kalsium didalam sampel beton dengan pengaruh garam sulfat dari luar

Resistivitas dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\rho \text{ (resistivitas)} = \frac{2\pi av}{I}$$

Dengan :  $\rho$  = resistivitas  
 $a$  = jarak antar probe  
 $v$  = tegangan dari alat resistivitas  
 $I$  = Besarnya arus

Berikut ini persyaratan berdasarkan AASTHO T 358-15.:

**Tabel 2.12-2** Klasifikasi Nilai Uji Resistivitas

Corrosion risk	Resistivty value
Very high	<5
High	5-10
Low/Moderate	10-20
Neglible	>20

#### 2.12.4 Uji Kuat Tekan Beton

Kuat tekan adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan sampel hancur jika diberi beban dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan mesin uji Uji kuat tekan ini berpedoman pada standart ASTM C 39-04a dan AASHTO T22-151

Hitung hasil uji kuat tekan beton dengan rumus berikut :

$$\text{Kuat Tekan individu} : f_{ci} = P/A$$

Dengan :

$P$  = Beban maksimum (kg)



- $A$  = Luas penampang benda uji ( $\text{cm}^2$ )  
 $F_{ci}$  = Hasil Uji Kuat tekan beton ( $\text{kg/cm}^2$ )  
 $F_{cr}$  = Kuat tekan beton rata rata ( $\text{kg/cm}^2$ )  
 $n$  = Jumlah benda uji

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

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

Dimana :

$x_i$  = nilai  $x$  ke- $i$

$n$  = jumlah sampel

Standar Deviasi (Mpa)		Kovarian (100%)		Kontrol Kualitas
Kelas		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 -6281 -2002

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB III

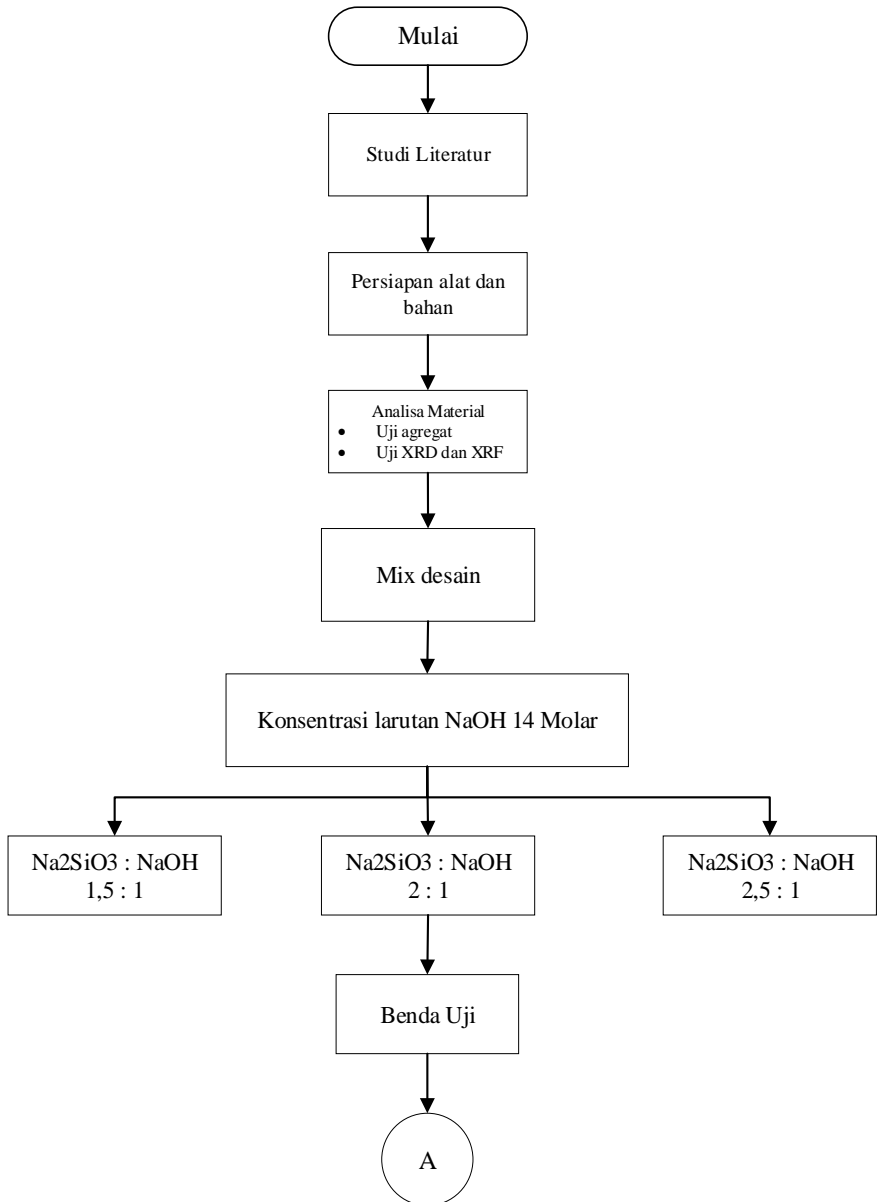
### METODOLOGI PENELITIAN

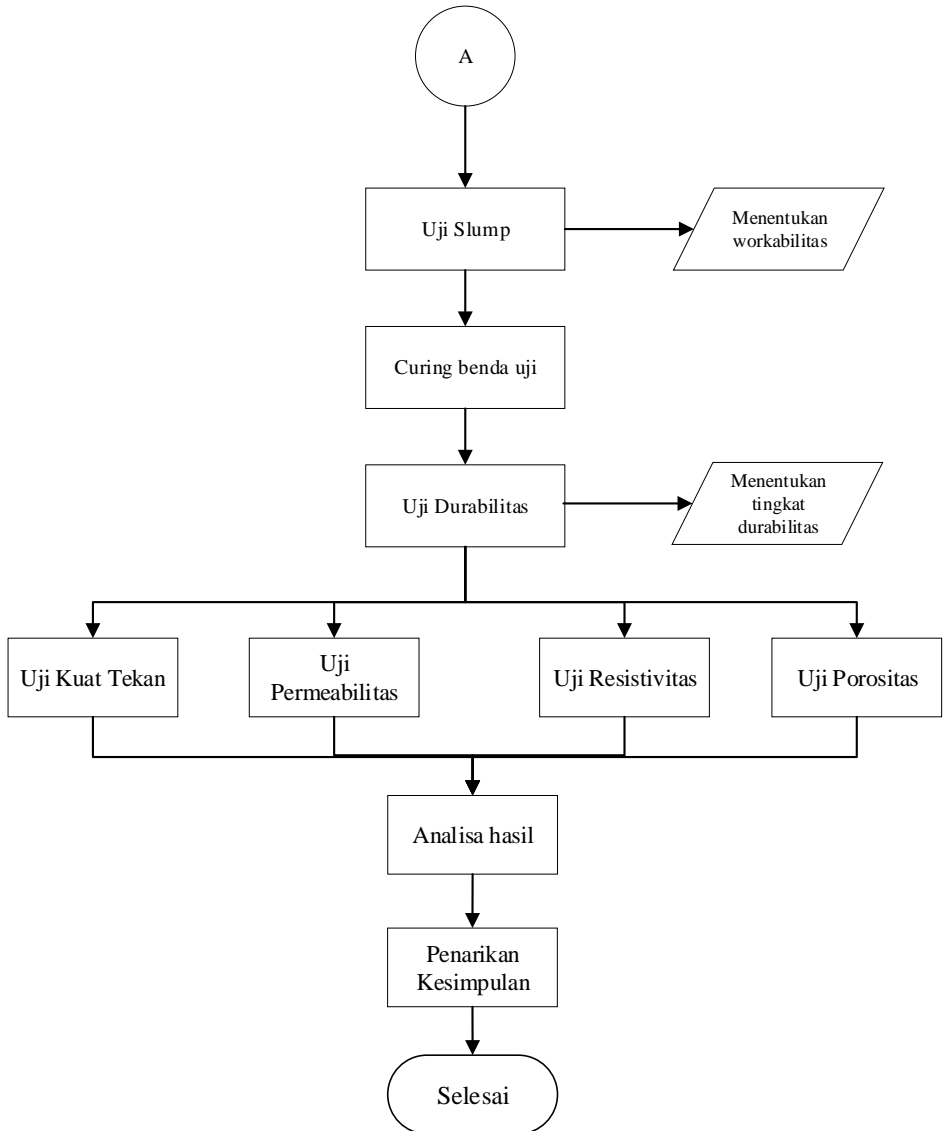
#### 3.1 Umum

Metodologi dinilai penting dan sangat diperlukan dalam sebuah penelitian. Hal ini dikarenakan penelitian yang akan dilakukan dapat lebih terarah sehingga hasil yang didapat lebih maksimal. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu studi *experimental*, yakni dengan melakukan percobaan langsung pada laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak apa saja yang terjadi pada beton geopolimer high calcium fly ash bila diberi variasi rasio aktivator ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  dan  $\text{NaOH}$ ) yang berbeda yaitu 1,5 ; 2 ; 2,5.

#### 3.2 Flowchart Metodologi Penelitian

Dalam pengerjaan beton geopolimer sampai selesai analisa, dibuat langkah langkah berurutan yang dilakukan untuk memudahkan jalan nya penelitan agar lebih terstruktur. Berikut disajikan diagram alir tersebut :





### 3.3 Studi Literatur

Melakukan studi literatur merupakan langkah pertama kali yang penulis lakukan dalam menyusun penelitian ini. Studi literatur ini merupakan serangkaian kegiatan mempelajari sumber yang kredibel dan relevan untuk mendapatkan informasi sebagai acuan dalam penelitian ini. Literatur di titik beratkan pada jurnal ilmiah mengenai beton *geopolymer* berbasis *high calcium fly ash*

### 3.4 Persiapan Material

#### 3.4.1 Jenis alkali aktifator

Jenis alkali aktifator yang digunakan dalam penelitian ini adalah sodium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) dan sodium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) yang mana perbandingan keduanya sesuai dengan penelitian sebelumnya Sodium Hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) yang digunakan adalah 14 M dengan variasi rasio Sodium Silikat dengan Sodium Hidroksida 1,5 ; 2 ; 2,5. Larutan  $\text{NaOH}$  14 M ini mempunyai density sebesar  $1400,1 \text{ kg/m}^3$

#### 3.4.2 Fly Ash

*Fly ash* yang digunakan 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.

#### 3.4.3 Agregat

Pada tugas akhir ini, agregat kasar dan agregat halus yaitu berasal dari toko material di Surabaya. Kedua material ini harus diuji dahulu untuk mengetahui memenuhi atau tidak menjadi material beton.

### **3.5 Analisa/Uji Karakteristik Material**

#### **3.5.1 Analisa *Fly Ash***

##### **3.5.1.1 Uji XRF (X-Ray Fluorence)**

Uji XRF mempunyai tujuan untuk menganalisa komposisi kimia dengan konsentrasi unsur yang ada didalam fly ash. Uji ini mempunyai hasil keluaran data presentase seperti  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , dll. Pengujian XRF dilakukan di LPPM ITS, Surabaya.

##### **3.5.1.2 Uji XRD (X-ray Diffraction)**

Uji XRD mempunyai tujuan untuk mengetahui kandungan senyawa dan mineral yang terkandung, serta amorf dan kristal dalam fly ash

#### **3.5.2 Analisa Agregat Kasar (Kerikil)**

##### **A. Percobaan Berat Jenis Kerikil (ASTM-C127-15-2015)**

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis kerikil dalam kondisi SSD

Alat :

1. Timbangan
2. Keranjang kawat yang bisa digantung pada timbangan
3. Oven
4. Kain lap

Bahan :

1. Kerikil dalam kondisi SSD

Prosedur :

1. Kerikil yang telah direndam selama 24 jam diangkat kemudian dilap satu per satu.
2. Timbang sebanyak 3000 gram (w1)
3. Masukkan keranjang yang berisi kerikil SSD ke dalam air.

4. Timbang berat jenis dalam air (keranjang dan kerikil)  
(w2)

$$\text{Berat jenis kerikil} = \frac{w_1}{(w_1 - w_2)} \dots \dots \dots$$

Dimana :

W1 = Berat kerikil di udara (gram)

W2 = Berat kerikil di air (gram)

Hasil Perhitungan :

**Tabel 3.5-1** Perhitungan berat jenis kerikil

Percobaan	1	2	3
	(gram)	(gram)	(gram)
Berat kerikil di udara (w1)	3000,7	3000,7	3000,5
Berat kerikil di air (w2)	1889,6	1867,8	1883,3
Berat jenis = w1 / (w1-w2)	2,701	2,649	2,686

Dari percobaan didapatkan hasil sebagai berikut. Sehingga didapatkan berat jenis kerikil rata-rata sebesar 2,678 gr/cm<sup>3</sup>. Sesuai dengan ASTM-C127-2015 berat jenis batu pecah yang disyaratkan sebesar 2,4 – 2,7 gr/cm<sup>3</sup>. Jadi kerikil yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi persyaratan.

### **B. Percobaan Berat Volume Lepas Kerikil (Astm C29/C, 1997)**

Percobaan ini mempunyai tujuan untuk mengetahui berat volume kerikil.

Alat :

1. Timbangan
2. Takaran berbentuk silinder (volume 10 liter)

Bahan :

1. Kerikil dalam kondisi kering.



Prosedur :

1. Silinder dalam keadaan kosong ditimbang ( $w_1$ )
2. Silinder diisi dengan batu pecah sampai penuh dan angkat setinggi 10 mm jatuhkan ke lantai sebanyak 3 kali kemudian ratakan permukaannya
3. Timbang silinder yang sudah terisi batu pecah penuh ( $w_2$ )

$$\text{Berat volume kerikil} = \frac{(w_2 - w_1)}{v} \dots\dots\dots$$

Dimana :

$W_1$  = Berat silinder (kg)

$W_2$  = Berat silinder + batu pecah (Kg)

$V$  = volume

Hasil perhitungan :

**Tabel 3.5-2** Perhitungan berat volume lepas

Percobaan	1	2	3
Berat silinder ( $w_1$ ) (kg)	5,39	5,39	5,39
Berat silinder + batu pecah ( $w_2$ ) (kg)	19,12	19,32	19,08
Berat batu pecah ( $w_2 - w_1$ ) (kg)	13,730	13,930	13,690
Volume silinder (litr)	10	10	10
Berat volume (kg/litr)	1,373	1,393	1,369

Dari tabel diatas dapat diambil rata rata sebesar 1,378  $\text{gr/cm}^3$

### **C. Percobaan Keausan Kerikil (ASTM C131-03, 2003)**

Percobaan ini memiliki tujuan untuk mengetahui kadar keausan batu pecah / kerikil untuk beton dengan menggunakan mesin Los Angeles.

Alat :

1. Mesin aus Los Angeles
2. Bola baja 12 buah

3. Timbangan
4. Saringan no. 200

Bahan :

1. Kerikil oven dengan gradasi.

Prosedur :

1. Menimbang kerikil sebesar 5000 gram
2. Masukkan bola baja (12 buah untuk gradasi)
3. Tutup mesin dan baut sekrup dikeraskan
4. Putarmesin sebanyak 500 kali
5. Tutup mesin dibuka, kerikil, dan bola dikeluarkan
6. Kerikil disaring dengan ayakan no. 200
7. Yang tertinggal diatas saringan dicuci lalu di oven selama 24 jam. Setelah 24 jam dikeluarkan, lalu dapat ditimbang.

$$\text{Keausan kerikil} = \frac{(w_1 - w_2)}{w_1} \times 100 \% \dots\dots\dots$$

Dimana :

W1 = Berat sebelum diabrasi (gram)

W2 = setelah diabrasi (gram)

Hasil Perhitungan :

**Tabel 3.5-3** Perhitungan keausan kerikil

<b>Percobaan</b>	<b>Berat (gram)</b>		
Berat sebelum diabrasi	5000	5000	5000
Berat sesudah diabrasi	3918.6	4029.4	3992.8
Keausan (%)	21.628	19.412	20.144

Berdasarkan data pada tabel diatas, maka nilai keausan kerikil yaitu =  $\frac{21,628 + 19,412 + 20,144}{3} = 20,394 \%$

Sesuai dengan ASTM C-131 2003 agregat dapat dikatakan baik jika mempunyai tingkat keausan kurang dari 35%. Dari tabel diatas tingkat keausan kerikil sebesar 20,394%

Maka, kerikil yang digunakan pada penelitian ini telah memenuhi persyaratan.

#### D. Percobaan Ayakan Kerikil

Percobaan ini mempunyai tujuan untuk menentukan distribusi ukuran butir / gradasi kerikil.

Alat :

1. Timbangan
2. Satu set ayakan ASTM dengan diameter 1 ½", ¾", 3/8", ditambah 4,76 ; 2,78 ; pan.

Bahan :

1. Kerikil dalam keadaan kering oven.

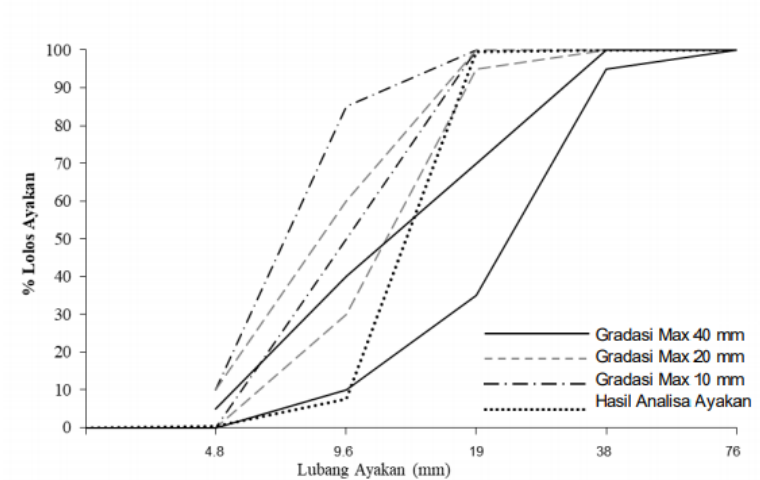
Prosedur :

1. Masukkan batu pecah (15 kg) ke dalam ayakan yang telah disusun dari ayakan yang paling besar (di atas) sampai pada ayakan paling kecil (paling bawah), lalu guncang guncangkan selama 10 menit
2. Timbang kerikil yang tertinggal pada masing masing ayakan
3. Timbang dan catat berat kerikil pada tiap saringan, ketelitian dalam menimbang diizinkan dengan kesalahan kurang lebih 0,5-1%

**Tabel 3.5-4** Analisa Ayakan Agregat Kasar

Lubang Ayakan inc/mm	Batu Pecah		
	Gram	%	E %
2 "			
1 1/2 "	0	0	0
3/4 "	25,2	0,16	0,16
3/8 "	14680	91,95	92,10
4,76	1157,6	7,25	99,35
2,38	28,8	0,18	99,53
1,19			100,00
0,59			100,00
0,297			100,00
0,149			100,00
0	74,3		
Jumlah	15965,9		691,15
	FKr =	6,91	

**Grafik 3.5-1** Grafik lengkung ayakan batu pecah, menunjukkan gradasi maksimal ada pada ukuran 20 mm



### 3.5.3 Analisa Agregat Halus (Pasir)

#### A. Percobaan Berat Jenis Pasir (ASTM-C127-15-2015)

Percobaan ini memiliki tujuan untuk mengetahui berapa berat jenis pasir yang digunakan kondisi SSD.

Alat :

1. Labu takar 1000 cc.
2. Timbangan
3. Oven
4. Pan
5. Kerucut / rojokan SSD

Bahan :

1. Pasir

Prosedur :

1. Timbang labu takar
2. Timbang pasir kondisi SSD 500 gram
3. Pasir dimasukkan ke dalam labu takar, dan ditimbang lagi
4. Labu takar diisi air sampai batas kapasitas, dan diputar putar dengan posisi tangan miring agar gelombang udara keluar
5. Setelah itu ditambah air hingga batas kapasitas dan ditimbang (W1)
6. Pasir dan air dikeluarkan dari labu takar diisi air hingga batas kapasitas dan ditimbang (W2)

$$\text{Berat jenis pasir SSD} = \frac{500}{500+w2-w1}$$

Dimana :

W1 = Berat labu + pasir +air (gram)

W2 = Berat labu + air (gram)

Hasil perhitungan :

**Tabel 3.5-5** Perhitungan berat jenis pasir

Percobaan	1	2	3
	(gram)	(gram)	(gram)
Berat labu + pasir + air (w1)	1579,1	1578,9	1578,5
Berat pasir SSD	500	500	500
Berat labu + air (w2)	1258,5	1258,5	1258,5
Berat jenis pasir (gr/cm <sup>3</sup> )	2,787	2,784	2,778

Berdasarkan ASTM-C128-15-2015 berat jenis dapat dikatakan baik apabila ada pada rentang 2,4 sampai 2,7.

Maka dari hasil percobaan yang sudah dilakukan, dan pada tabel diatas didapatkan rata rata sebesar 2,783 gr/cm<sup>3</sup>. Jadi pasir yang digunakan memenuhi kriteria.

## B. Percobaan Berat Volume Lepas Pasir (ASTM-C29-2009)

Percobaan ini memiliki tujuan untuk mencari tau berat volume yang dimiliki oleh pasir.

Alat :

1. Timbangan.
2. Takaran berbentuk silinder dengan volume 3 liter

Bahan :

1. Pasir

Prosedur :

1. Silinder dalam keadaan kosong ditimbang dahulu (W1)
2. Silinder diisi dengan pasir sampai penuh, dan angkat setinggi 10 mm dan jatuhkan ke lantai sebanyak 3 kali, ratakan permukaanya.
3. Timbang silinder yang sudah terisi pasir penuh (W2).

$$\text{Berat volume kerikil} = \frac{(w_2 - w_1)}{v} \dots\dots\dots$$

Dimana :

- W1 = Berat silinder (Kg)  
 W2 = Berat silinder + pasir (Kg)  
 V = Volume (Liter)

Hasil perhitungan :

**Tabel 3.5-6** Perhitungan berat volume lepas pasir

Percobaan	1	2	3	4
Berat silinder (w1) (kg)	2,44	2,44	2,44	2,44
Berat silinder + pasir (w2) (kg)	7,22	6,98	7,8	6,64
Berat pasir (w2-w1) (kg)	4,780	4,540	5,360	4,200
Volume silinder (ltr)	3	3	3	3
Berat volume (kg/ltr)	1593,3	1513,3	1786,7	1400

Dari tabel diatas didapatkan berat jenis pasir rata rata sebesar  $\frac{1593,3+1513,3+1786,7+1400}{4} = 1573,3 \text{ kg/ltr}$

### C. Percobaan Analisa Ayakan Pasir (ASTM C136)

Alat :

1. Timbangan
2. Satu set ayakan
3. Kain lap (bila diperlukan)

Bahan :

1. Pasir dalam keadaan kering

Prosedur :

1. Timbang pasir sebanyak 1000 gram
2. Bersihkan saringan menggunakan lap
3. Masukkan pasir kedalam ayakan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan diatas, lalu diguncang guncang menggunakan alat selama 10 menit
4. Pasir yang tertinggal pada setiap nomor ayakan ditimbang. Diperlukan control untuk berat pasir keseluruhan 1000 gram

Hasil perhitungan :

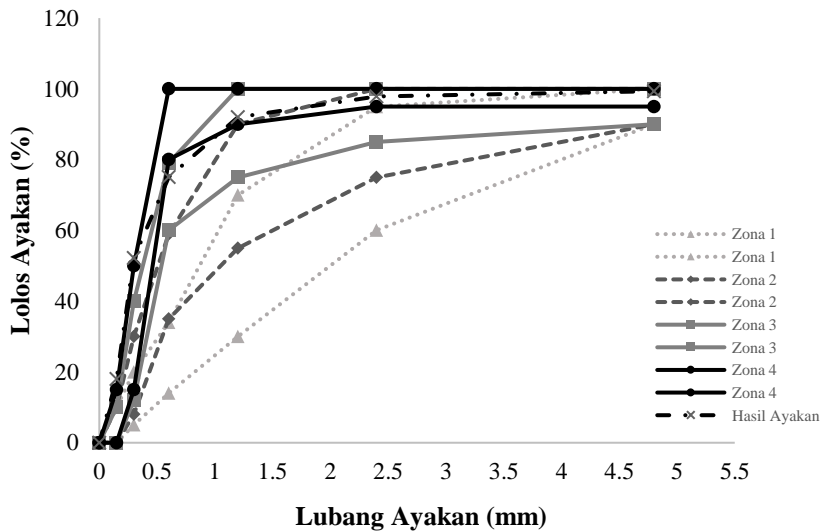
**Tabel 3.5-7 Hasil Ayakan Tertahan**

No. Ayakan (mm)	Tertahan (gram)		
	uji1	uji2	uji3
4.86	6.6	6	4
2.38	15.3	20.5	12.4
1.19	58.6	54.7	32.8
0.59	168.8	161.7	130.7
0.29	228.2	218	227.5
0.149	341.7	351.6	388.8
pan	180	187	203
Jumlah	999.2	999.5	999.2

Tabel 3.5-8 Prosentase Lolos Ayakan Tertahan

no ayak (mm)	Persentase lolos ayakan		
pan	0%	0%	0%
0.149	18%	19%	20%
0.29	52%	54%	59%
0.59	75%	76%	82%
1.19	92%	92%	95%
2.38	98%	97%	98%
4.86	99%	99%	100%

Grafik 3.5-2 Gradasi Agregat Halus Menunjukkan Hasil Zona 4



Maka dapat disimpulkan, bahwa agregat halus pada penelitian ini masuk dalam kategori zona 4.



### 3.6 Uji Density NaOH

Sebelum dilakukan *mix design*, pertama tama dilakukan uji density NaOH terlebih dahulu . NaOH yang digunakan pada penelitian ini yaitu 14 M. Berikut Langkah Langkah dalam menghitung density NaOH :

1. Menghitung kebutuhan NaOH yang dipakai

$$\begin{aligned} n &= V \times M \\ &= 1 \text{ liter} \times 14 \text{ mol/liter} \\ &= 14 \text{ mol} \end{aligned}$$

Mr NaOH = 40 gram/mol (didapat dari penjumlahan massa atom relative dari unsur senyawa, yaitu Na = 23, O = 16, H = 1)

$$\begin{aligned} \text{Massa NaOH} &= n \text{ mol} \times m_r \\ &= 14 \text{ mol} \times 40 \text{ gram/mol} \\ &= 560 \text{ gram} \end{aligned}$$

2. Menimbang berat NaOH sesuai perhitungan, yaitu 560 gram
3. Memasukkan NaOH ke dalam labu ukur
4. Menambahkan aquades ke dalam labu ukur sampai volume nya 1 liter
5. Aduk hingga larut
6. Tunggu hingga 24 jam

Hasil perhitungan :

**Tabel 3.6-1** Perhitungan density NaOH 14 M

<b>DENSITY NaOH</b>			
Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-rata
1400.1	1392.5	1404.8	1399.1

Setelah dilakukan 3 kali percobaan, maka didapatkan nilai rata rata berat jenis NaOH yaitu 1399,13 gr/cm<sup>3</sup>

### 3.7 Pembuatan *Mix Design* untuk Beton Geopolimer

Berikut perhitungan *mix design* beton geopolimer tipe C dengan perbandingan alkali aktifator dan NaOH 1,5

1. Pilih ukuran maksimum dari agregat kasar

Normal maximum size of the aggregate (mm)	Maximum water content (kg/m <sup>3</sup> )	Percentage of void (%)
10	225	3.0
12.5	215	2.5
20	200	2.0

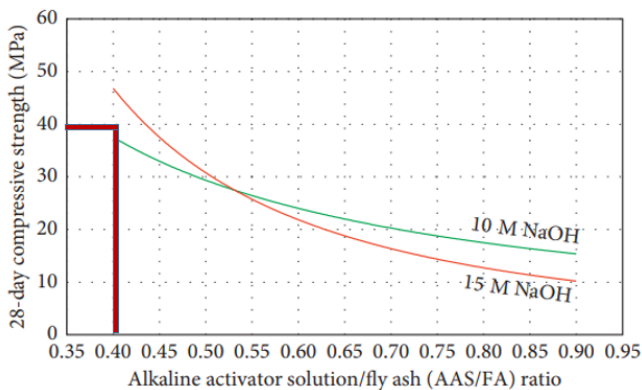
Pertama pilih dahulu ukuran maksimum agregat yang akan digunakan, yaitu 20 mm

2. Memilih alkali aktivator dan konten udara  
Berdasarkan analisa ayakan yang telah dilakukan, Alkali aktifator dan udara didapat berdasarkan besar agregat kasar. Maka dari itu besar alkali aktifator yaitu 200 kg/m<sup>3</sup> dan konten udara yaitu 2%
3. Menghitung alkali aktifator berdasarkan persentase void didalam agregat halus

$$\text{AASadjustment} = \left| \left\{ \left[ 1 - \left( \frac{\rho_{RS}}{SG_{pw}} \right) \right] \times 100 \right\} - 35 \right| \times 4,75$$

$$\begin{aligned} \text{AAS adjustment} &= \left\{ \left[ 1 - \left( \frac{1573,33}{40,2} \right) \right] \times 100 \right\} - \\ &35 \Big| \times 4,75 \\ &= 240,2 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

4. Menentukan larutan alkali aktivator untuk rasio abu terbang



Pada tugas akhir ini dipakai molaritas NaOH sebesar 14 M. Maka dipakai garis yang mendekati molaritas tersebut yaitu 15 M. Pada tugas ini ditargetkan mutu beton geopolimer yaitu sebesar 35 Mpa pada umur 28 hari, sehingga dipakai rasio AAS/FA sebesar 0,40 supaya jika target mutu tidak sesuai maka tidak akan jauh dari 35 Mpa.

5. Menghitung kebutuhan *Fly ash*

$$\text{Fly Ash} = \frac{\text{AAS}}{\text{Rasio AAS/FA}}$$

$$\text{Fly Ash} = \frac{240,2}{0,4} = 600,61 \text{ Kg/m}^3$$

6. Menghitung kebutuhan alkali aktifator secara individu (NaOH dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>)

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

$$\text{NaOH} = 240,2 - \frac{240,2}{1 + \left(\frac{1}{1,5}\right)} = 144,12 \text{ Kg/m}^3$$

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

$$\text{Na}_2\text{SiO}_3 = \frac{240,2}{1 + \left(\frac{1}{1,5}\right)} = 96,08 \text{ Kg/m}^3$$

7. Menghitung kebutuhan agregat halus dan kasar

Massa agregat halus dan kasar ditentukan sesuai metode volume absolut. Agregat halus mempunyai persentase sebanyak 30% sedangkan agregat kasar mempunyai persentase 70%. Perhitungan jumlah kandungan agregat halus dan kasar akan

- Agregat halus

$$\text{MRS} = 0,3\text{SG}(\text{RS})\left[1 - \text{VFA} - \text{VNaOH} - \text{VNa}_2\text{SiO}_3 - \text{Vair}\right] \times 1000$$

$$\text{MRS} = 0,3(2,93) \left[1 - \frac{600,61}{2,65 \times 1000} - \frac{96,1}{1413} - \frac{144,14}{1483} - \frac{2}{100}\right] \times 1000$$

$$= 514,72 \text{ kg/m}^3$$

- Agregat kasar

$$\text{MLS} = 0,7\text{SG}(\text{RS})\left[1 - \text{VFA} - \text{VNaOH} - \text{VNa}_2\text{SiO}_3 - \text{Vair}\right] \times 1000$$

$$\text{MLS} = 0,7(2,93) \left[1 - \frac{600,61}{2,65 \times 1000} - \frac{96,1}{1413} - \frac{144,14}{1483} - \frac{2}{100}\right] \times 1000$$

$$= 1155,88 \text{ kg/m}^3$$

8. Menentukan dosis superplasticizer

$$\text{Dosis SP} = \frac{2}{100} \times 600,61 = 12,01 \text{ Kg}$$

## 9. Rekapitulasi perhitungan

Tabel 3.7-1 Rekapitulasi perhitungan *mix design* beton geopolimer seluruh variasi

	Perbandingan 1,5	Perbandingan 2	Perbandingan 2,5	Ket
Fa	600.522	600.522	600.522	kg/m3
MRS	514.72	516.97	517.69	kg/m3
MLS	1155.88	1158.62	1160.58	kg/m3
NaOH	96.083	80.070	68.631	kg/m3
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	144.125	160.139	171.578	kg/m3
SP	12.010	12.010	12.010	kg/m3
BJ Beton	2523.336	2528.328	2531.011	kg/m3

### 3.7.1 Perhitungan Konversi *Mix Design* dari Metode Basah ke Metode Kering

Langkah *mix design* yang telah digunakan adalah berdasarkan jurnal (Phoo-Ngernkham et al., 2018) yaitu menggunakan metode pencampuran basah. Maka dari itu diperlukan perhitungan konversi dari pencampuran basah menjadi metode pencampuran kering yang mengacu pada jurnal (Hardjito, 2005).

Langkah perhitungan konversi kering tersebut yaitu :

1. Desain campuran bahan pengikat geopolimer metode pencampuran basah.

**Tabel 3.7-2** kandungan oksida dalam larutan Natrium silikat

Oksida	%
SiO <sub>3</sub>	29,4
Na <sub>2</sub> O	14,7
Air (H <sub>2</sub> O)	46,44

2. Tabel spesifikasi larutan alkali aktivator yang digunakan

**Tabel 3.7-3** Perbandingan berat NaOH padat dan air dalam beberapa konsentrasi molar larutan NaOH (Hardjito, 2005)

Molaritas	Padatan (gr)	Air (gr)	Padatan/ Larutan	Padatan/ Air
16	444	556	44%	80%
14	404	596	40%	68%
12	361	639	36%	56%
10	314	686	31%	46%
8	262	738	26%	36%

**Tabel 3.7-4** kandungan oksida dalam larutan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  (Hardjito, 2005)

Oksida	Notasi
$\text{SiO}_2$	% $\text{SiO}_2$
$\text{Na}_2\text{O}$	% $\text{Na}_2\text{O}$
Air ( $\text{H}_2\text{O}$ )	% $\text{H}_2\text{O}$

3. Perhitungan massa padatan dari aktivator.

- Menghitung NaOH wujud padat, menggunakan persamaan :

$$(W_{ph}) = W_{lh} \times \text{Rasio padatan/larutan}$$

$$(W_{ph}) = 96,083 \times 40\% = 38,433 \text{ gram}$$

$$\text{Air} = 96,083 - 38,433 = 57,649 \text{ gram}$$

- Menghitung  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  wujud padat, menggunakan persamaan :

$$(W_{ps}) = W_{ls} \times \left( \frac{(86,85 - \%H_2O)}{86,85} \right)$$

$$(W_{ps}) = 144,125 \times \left( \frac{(40,41)}{86,85} \right) = 67,059 \text{ gram}$$

$$\text{Air} = 144,125 - 67,059 = 77,066 \text{ gram}$$

Sehingga jumlah air yang didapatkan yaitu =  $77,066 + 57,649$   
 =  $134,716$  gram

- Menghitung % fly ash dalam suatu campuran bahan pengikat metode kering :

$$\begin{aligned} \% \text{Fly Ash} &= \left( \frac{\text{Jumlah fly ash}}{\text{Jumlah Fly Ash} + \text{NaOH} + \text{Na}_2\text{SiO}_3} \right) \times 100\% \\ &= \left( \frac{600,522}{(600,52 + 38,433 + 67,059)} \right) \times 100\% \\ &= 85,05 \% \end{aligned}$$

- Menghitung % aktivator padat dalam suatu campuran bahan pengikat metode kering :

$$\begin{aligned} \% \text{Fly Ash} &= \left( \frac{\text{Jumlah aktivator padat}}{\text{Jumlah Fly Ash} + \text{NaOH} + \text{Na}_2\text{SiO}_3} \right) \times 100\% \\ &= \left( \frac{67,059 + 38,433}{(600,52 + 38,433 + 67,059)} \right) \times 100\% \\ &= 14,95 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka didapat perbandingan fly ash terhadap alkali aktivator dalam wujud padat yaitu :

**85,05% FA : 14,95% Aktivator padat**

4. Menghitung faktor air semen :

$$\begin{aligned} \text{Rumus menghitung FAS} &= \left( \frac{\text{Jumlah air}}{\text{Jumlah Fly Ash} + \text{NaOH} + \text{Na}_2\text{SiO}_3} \right) \\ &= \left( \frac{134,716}{(600,522 + 38,433 + 67,059)} \right) = 0,191 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan faktor air semen, didapatkan nilai fas dari masing masing rasio untuk 1,5 , 2,0 dan 2,5 yaitu 0,191 , 0,189 ,dan 0,188.

**Tabel 3.7-5** Rekapitulasi *Mix Design* Beton Geopolimer Seluruh Variasi Setelah di Konversi Metode Kering

	Perbandingan 1,5	Perbandingan 2	Perbandingan 2,5	Ket
Fa	600.522	600.522	600.522	kg/m <sup>3</sup>
MRS	514.718	516.970	517.69	kg/m <sup>3</sup>
MLS	1155.877	1158.618	1160.58	kg/m <sup>3</sup>
NaOH	38.433	32.028	27.452	kg/m <sup>3</sup>
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	67.059	74.510	79.833	kg/m <sup>3</sup>
Air	134.716	133.671	132.924	kg/m <sup>3</sup>
SP	12.010	12.010	12.010	kg/m <sup>3</sup>
BJ Beton	2523.336	2528.328	2531.011	kg/m <sup>3</sup>
FAS	0.191	0.189	0.188	

### 3.8 Membuat Beton Geopolimer Ukuran 15 x 30 cm

Setelah menyelesaikan perhitungan *mix design*, berikutnya yaitu akan dilakukan pembuatan benda uji beton geopolimer. Pada penelitian ini akan dibuat sampel dengan umur 7,14, 28, dan 56 hari. Tiap umur akan diadakan 3 benda uji. Sehingga total benda uji yaitu sebanyak 36.

Detail perencanaan jumlah sampel sebagai berikut :

Variasi rasio	7 hari	14 hari	28 hari	56 hari	Jumlah
1,5	3	3	3	3	12
2,0	3	3	3	3	12
2,5	3	3	3	3	12
<b>Total keseluruhan sampel</b>					36

#### 3.8.1 Pembuatan Semen Geopolimer



Sebelum dilakukan pencampuran dan menjadi sampel beton, hal pertama yang harus dilakukan yaitu membuat semen




geopolimer. Pembuatan semen ini dilakukan dengan proses yang dinamakan grinding. Proses ini dilakukan dengan bantuan mesin grinder semen. Berikut langkah Langkah dalam proses grinding :

1. Menyiapkan alat

No.	Nama Alat	Gambar Alat
1.	Mesin <i>grinder</i> semen	
2.	Bola baja	
3.	Kain lap penutup	

4.	Kuas	
5.	Timbangan	

## 2. Menyiapkan bahan

No.	Nama Bahan	Gambar Bahan
1.	<i>Fly ash</i>	

2.	Sodium hidroksida (NaOH)	
3.	Sodium silikat (Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> )	

### 3. Tahapan




- Timbang fly ash, NaOH, dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> sesuai dengan kebutuhan
- Masukkan fly ash, NaOH, dan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> yang sudah ditimbang kedalam alat grinder
- Masukkan bola baja sebanyak kedalam alat grinder
- Tutup alat grinder dengan penutup yang dilapisi oleh kain lap penutup.
- Putar alat grinder dengan kecepatan ±13,31 sebanyak 500 putaran
- Setelah selesai, matikan alat grinder, lalu keluarkan bahan yang telah di grinding
- Masukkan bahan yang telah di grinding kedalam wadah yang telah disiapkan


### 3.8.2 Pembuatan Beton Geopolimer

Setelah dilakukan grinding, Langkah selanjutnya yaitu membuat beton geopolimer dengan proses *mixing*



Tahapan :




1. Persiapan alat

No.	Nama Alat	Gambar Alat
1.	Alat <i>mixer</i> beton	
2.	Alat uji <i>slump</i>	
3.	Cetakan beton	

4.	Palu dan cetok	
----	----------------	---

## 2. Menyiapkan bahan

No.	Nama Bahan	Gambar Bahan
1.	Semen Geopolimer	
2.	<i>Superplasticizer</i> (sukrosa)	

3.	Agregat kasar (kerikil)	
4.	Agregat halus (pasir)	
5.	Air	

### 3. Tahapan

- Ayak kerikil dan seleksi agar mendapatkan kerikil yang bagus dan tidak rapuh sebanyak kebutuhan pada *mix design*

- Jemur pasir yang disiapkan, agar pasir yang dipakai untuk membuat beton geopolimer agar menjadi kering
- Timbang superplasticizer sesuai kebutuhan pada *mix design*
- Timbang air sesuai kebutuhan *mix design*
- Masukkan agregat kasar ke dalam mixer lalu diikuti dengan agregat halus. Tunggu sampai agregat kasar dan halus tercampur rata
- Masukkan *superplasticizer* ke dalam mixer, tunggu sampai tercampur rata dengan agregat
- Masukkan semen geopolimer yang telah dipersiapkan kedalam *mixer*, tunggu sampai tercampur rata
- Setelah tercampur rata, masukan air yang telah dipersiapkan kedalam mixer.
- Tunggu sampai tercampur rata.
- Keluarkan adukan beton dan masukan kedalam wadah yang telah disiapkan
- Masukan adukan beton yang berada di wadah kedalam cetakan bekisting.
- Ratakan permukaan beton yang ada pada cetakan beton
- Cetakan dapat dilepas pada saat beton telah mengeras (sekitar 1-2 hari)

### 3.9 Perawatan Benda Uji

Curing merupakan perawatan untuk beton yang dilakukan untuk mencegah penguapan air yang berlebihan pada beton. Kekuatan beton ini sendiri juga sangat terpengaruh oleh kandungan air atau pencampur itu sendiri. Curing ini sendiri dilakukan dalam suatu ruangan dan suhu ruangan tersebut harus dipantau selama 3 hari berturut turut.

### 3.10 Pengujian Beton Geopolimer

#### 3.10.1 Uji *slump* pada beton geopolimer (SNI 1972, 2008)

Alat :

- Besi rojok
- Kerucut Slump
- Sekop

Bahan :

- Beton Geopolimer

Langkah pengujian :

1. Basahi cetakan kerucut dan plat menggunakan kuas
2. Letakkan cetakan di atas plat
3. Isi 1/3 cetakan dengan beton segar, padatkan dengan batang logam sebanyak merata dengan menusukkannya. Lapisan ini penusukan bagian tepi dilakukan dengan besi dimiringkan sesuai dengan dinding cetakan. Pastikan besi menyentuh dasar. Lakukan 25-30 x tusukan.
4. Isi 1/3 bagian berikutnya (menjadi terisi 2/3) dengan hal yang sama sebanyak 25-30 x tusukan. Pastikan besi menyentuh lapisan pertama.
5. Isi 1/3 akhir seperti tahapan nomor 4
6. Setelah selesai dipadatkan, ratakan permukaan benda uji.
7. Lepaskan cetakan kerucut pada beton geopolimer.
8. Ukur tinggi slump pada beton geopolimer yang sedang diuji.



**Gambar 3.10-1** Cone slump, alat untuk mengukur nilai slump



### 3.10.2 Uji Resistivitas (AASHTO, 2013)

Uji ini dilakukan untuk mengetahui tingkat korosi pada beton. Dikarenakan pada fungsinya, beton ini sebagai pelindung baja tulangan sehingga resistivitas beton dapat mempengaruhi laju aliran ion

Alat :

- Resipod

Bahan :

- Beton Geopolimer
- Air

Langkah Pengujian :

1. Siapkan alat, benda uji, dan air
2. Bersihkan permukaan benda uji
3. Basahi permukaan yang akan diuji dengan air secukupnya.
4. Lakukan pengujian pada titik uji dengan alat *Resipod – Resistivity meter* dengan cara menekan alat tersebut.
5. Pindahkan alat uji ke titik uji selanjutnya.
6. Ulang langkah sebelumnya hingga pada satu lokasi uji teruji secukupnya.

7. Catat hasil uji yang telah dilakukan untuk mengumpulkan data.

**Gambar 3.10-2** Resipod, alat untuk menguji nilai resistivitas beton geopolimer



### 3.10.3 Uji porositas beton geopolimer (ASTM C 642-06)

Uji porositas ini dimaksudkan untuk mengetahui ukuran ruang kosong dalam beton geopolimer. Pengujian ini dilakukan pada umur 28 hari pada beton geopolimer.

Alat :

1. Timbangan digital
2. Mesin gerinda
3. Kain lap
4. Oven
5. Wadah air

Bahan :

- beton geopolimer umur 28 hari
- air

Tahapan :

1. Tandai benda uji menggunakan spidol tiap 5 cm menjadi 3 bagian, agar memudahkan saat memotong benda uji.
2. Potong benda uji beton geopolimer dengan menggunakan mesin gerinda, pada tiap 5 cm tadi.
3. Masukkan beton ke dalam oven dengan suhu 100°C minimal 2 hari
4. Setelah di oven keluarkan benda uji dari oven dan angin angin kan pada suhu kamar, kemudian ditimbang. Lalu masukan beton kedalam oven selama 24 jam
5. Keluarkan beton, sete;ah itu ditimbang untuk mendapatkan berat beton kondisi oven kering
6. Kemudia rendam beton didalam air pada wadah yang telah dipersiapkan
7. Setelah direndam selama minimal 2x24 jam, beton ditimbang dalam air untuk mendapatkan berat beton didalam air
8. Beton yang telah ditimbang dalam air, dilap permukaannya untuk mendapatkan kondisi SSD kemudian beton ditimbang untuk mendapatkan berat beton dalam kondisi SSD.

Perhitungan porositas :

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

Dimana :

P = Total porositas (%)

$W_{sa}$  = Berat benda uji jenuh air di udara (gr)

$W_{sw}$  = Berat benda uji jenuh air di dalam air (gr)

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

**Gambar 3.10-3** Menimbang benda uji jenuh untuk dilakukan uji porositas



**Gambar 3.10-4** Merendam benda uji untuk uji porositas



### **3.10.4 Uji Permeabilitas (ACI 301-72 (revisi 1975))**

Tes ini untuk mengukur tingkat kemudahan cairan atau gas menembus beton.

Alat :

-*Permeability tester torrent*

Bahan :

-Benda uji beton geopolimer

Prosedur :

1. Pasang selang dan kabel pada alat.

2. Nyalakan tombol *on* lalu pilih *start*, *calibration* kemudian ikuti perintah yang ada pada layar
3. Setelah data terekam, pilih *print out*
4. Setelah kalibrasi selesai, alat dapat digunakan untuk melakukan uji permeabilitas
5. Untuk mengecek data *output*, pilih *menu*, *start*, *start*
6. Catat data yang ada pada layar
7. Setelah data tercatat, pilih tombol *end*
8. Jika ingin melakukan pengujian ulang terhadap benda uji, maka tekan tombol *start* dan ulangi seperti prosedur diatas.

**Tabel 3.10-1** Kelas kualitas permukaan beton kering

<u>Kualitas Permukaan Beton</u>	<u>Indeks</u>	<u>kT (10<sup>-16</sup>m<sup>2</sup>)</u>
<u>Sangat Jelek</u>	5	> 10
<u>Jelek</u>	4	1,0 – 10
<u>Normal</u>	3	0,1 – 1,0
<u>Baik</u>	2	0,01 – 0,1
<u>Sangat Baik</u>	1	< 0,01

**Gambar 3.10-5** Alat Uji Permeabilitas



### 3.10.5 Uji Kuat Tekan Beton Geopolimer (ASTM, 2008) dan (Aashto T22, 2011)

Uji kuat tekan ini berpedoman pada standart. 3 benda uji digunakan untuk setiap tes kuat tekan. Hal ini dilakukan untuk keakuratan data tes tekan masing masing komposisi

Alat :

1. Alat uji kuat tekan
2. Timbangan
3. Mesin gerinda

Bahan :

1. Benda uji beton geopolimer

Tahapan :

1. Ratakan benda uji beton geopolimer menggunakan mesin gerinda
2. Timbang benda uji beton geopolimer
3. Letakkan beton pada alat uji tekan beton
4. Mesin diturunkan dengan perlahan
5. Hasil kuat tekan dapat terlihat pada layer alat uji kuat tekan beton

Besarnya angka yang ditunjukkan oleh alat merupakan yang mampu dipikul beton berupa kgf sehingga untuk mendapatkan kuat tekan yang diinginkan maka besarnya beban dalam satuan Kgf tersebut harus dibebani dengan luas permukaan benda uji yang terbebani (A). Sehingga secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$f_{ci} = \frac{P}{A}$$

**Gambar 3.10-6** Alat untuk menguji kuat tekan beton



### **3.11 Analisa Data**

Analisa data yaitu menganalisis hasil dari pengujian pengujian yang telah dilakukan sebelumnya untuk akhirnya dapat menghasilkan kesimpulan dari tugas akhir penelitian ini. Analisa dilakukan dengan memperhatikan korelasi tiap data hasil uji beton geopolimer yang mengarah pada kemampuan yang ingin difokuskan pada penelitian ini. Yaitu durabilitas dan *workability*

### **3.12 Jadwal Kegiatan**

Berikut adalah rencana jadwal kegiatan dalam penyusunan tugas akhir ini





## BAB IV

### HASIL DAN ANALISA DATA

#### 4.1 Umum

Pada bab ini akan ditampilkan mengenai hasil dan kesimpulan tugas akhir dengan topik penelitian beton geopolimer tipe C dengan variasi rasio 1:2,5, 1:2,0, dan 1:1,5 ini.

Hasil dan Analisa data akan disajikan dalam bentuk grafik and tabel lalu akan dilakukan dijelaskan mengenai hasil uji yang dilakukan pada sampel beton geopolimer

#### 4.2 Spesifikasi Material Penyusun *Fly Ash*

Didalam *Fly Ash* terdapat unsur unsur penyusun yang membentuk fly ash itu sendiri. Untuk menemukan kandungan unsur apa saja yang ada didalam *fly ash* itu sendiri harus dilakukan uji tertentu, pada penelitian ini dilakukan pengujian XRF dan XRD. Pengujian XRF ini dilakukan untuk menentukan berapakah kandungan CaO didalam *fly ash* yang dipakai untuk membuat beton geopolimer ini. Selain uji XRF, juga dilakukan pengujian XRD yaitu untuk menentukan berapakah kandungan amorph yang ada didalam *fly ash* tersebut. Berikut hasil pengujian XRF dan XRD yang akan ditampilkan secara grafis dan tabel :

##### 4.2.1 Uji XRF

*Fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini berasal ari PLTU Paiton yang berada di Kabupaten Probolinggo. Tes yang dilakukan pada material *fly ash* ini yaitu XRF. Tes ini dilakukan untuk mengetahui jumlah kandungan CaO yang ada didalam *fly ash*.

**Tabel 4.2-1** Hasil Uji XRF material fly ash

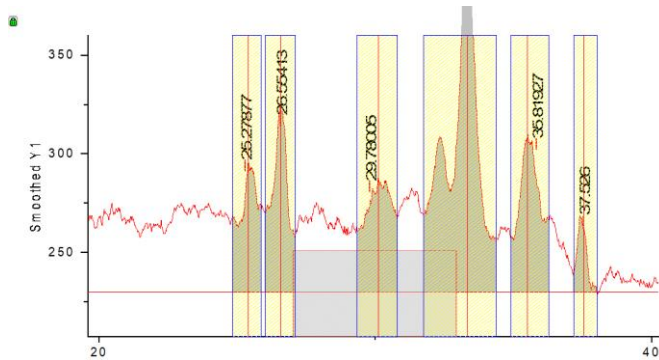
Oksida	Kadar (%)
MgO	1.3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.7
SiO <sub>2</sub>	21.2
SO <sub>3</sub>	0.5
K <sub>2</sub> O	1.09
CaO	29.6
TiO <sub>2</sub>	1
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.06
MnO	0.26
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32.5
MoO <sub>3</sub>	3.8
BaO	0.5
HgO	1.5

Berdasarkan hasil uji tersebut, dapat disimpulkan bahwa *Fly Ash* yang digunakan dalam penelitian ini termasuk tipe C (*High Calcium Fly Ash*), dengan nilai CaO diatas 10%. Yaitu sebesar 29,6%. (lihat sub-bab 2.5.1)

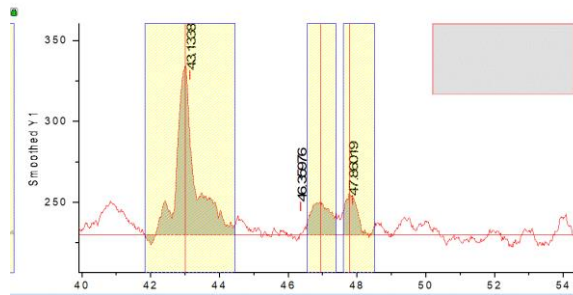
#### 4.2.2 Uji XRD

Pengujian XRD dilakukan di Lab. Departemen Material dan Metalurgi ITS, Surabaya. Hasil pengujian yang XRD *Fly Ash* yang digunakan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut

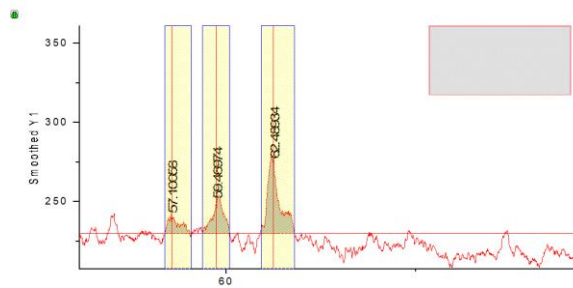
**Gambar 4.2-1** Luas puncak kristalin pada sudut 20 - 40



**Gambar 4.2-2** Luas puncak kristalin pada sudut 40 - 54



**Gambar 4.2-3** Luas puncak kristalin pada sudut 60 - 90



Luas total puncak kristalin : 779,43

Luas Kristalin + amorf : 1696

$$\text{Kristalin} = \frac{\text{Luas Puncak Kristalin}}{\text{Luas Puncak Kristalin+Amorf}} \times 100 \%$$

$$= \frac{779,43}{1696} \times 100 \% = 44,96$$

$$\text{Amorf} = 100\% - 45,28 = 54,04\%$$

Kandungan Mineral Hasil Pengujian XRD Terhadap *Fly Ash* yang digunakan adalah :

**Gambar 4.2-4** Kandungan Mineral Hasil Pengujian XRD terhadap *Fly Ash* yang Digunakan

Nama Unsur	Senyawa	Prosentase (%)
Brownmillente	SiMg	13.24
Periclase	MgO	10.25
Magnesite	CmgO3	7.90
Quartz	O2Si	6.89
Anhydrate	CaO4S	3.17
Maghemite	Fe2O3	2.67
Lime	CaO	1.88
Amorph	Hkl Amorph	54.04

### 4.3 Workabilitas

Workabilitas adalah tingkat kemudahan beton dikerjakan dalam proyek nyata. Workabilitas ini menjadi sangat penting dikarenakan pada saat ini kebutuhan beton banyak digunakan untuk gedung-gedung tinggi (Y. Peng, H. Chu, and J. Pu, 2016). Beton yang digunakan pada penelitian ini yaitu beton geopolimer yang menggunakan fly ash tipe C dimana pada tipe ini mempunyai permasalahan pada workabilitas nya dikarenakan mempunyai kandungan kalsium (Ca) yang tinggi (Temuujin et al., 2009), sehingga menarik untuk diteliti. Uji

yang digunakan untuk mengetahui tingkat workabilitas beton pada penelitian ini yaitu uji slump.

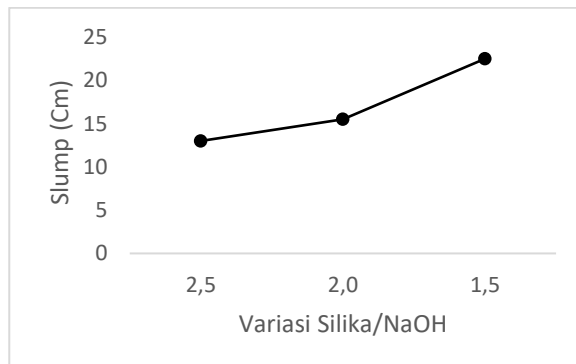
### 4.3.1 Uji Slump

Uji slump ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan pengerjaan (workabilitas) dari beton segar geopolimer. Uji slump merupakan metode yang sangat mudah dan banyak dilakukan untuk mengukur workabilitas beton yang masih basah (Monteiro, 1993). Berikut adalah hasil uji slump pada penelitian beton geopolimer tipe C 14 M.

**Gambar 4.3-1** Nilai slump beton geopolimer seluruh variasi

Perbandingan alkali	Nilai Slump (mm)	Standar SNI - 1972 - 2008
1,5	225	15-230 mm
2,0	155	
2,5	130	

**Grafik 4.3-1** Grafik Nilai Slump Akibat Perbedaan Variasi Rasio



Terlihat pada tabel, semakin tinggi rasio aktivator maka nilai slump yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini dikarenakan

penambahan viskositas yang terjadi pada penambahan sodium silikat yang berakibat pada menurunnya nilai slump pada beton (Topark-Ngarm et al., 2015) dan juga mengindikasikan, bahwa workabilitas dari beton akan berkurang seiring bertambahnya rasio alkali aktivator, yang sesuai dengan penelitian sebelumnya (Deb et al., 2014) (Chindaprasirt et al., 2007). Maka dapat kita simpulkan beton dengan variasi rasio 1,5 mempunyai workabilitas yang paling baik diantara rasio 2,0 dan 2,5. Berdasarkan SNI 1972 – 2008, nilai slump seluruh variasi rasio telah memenuhi standar workabilitas. Karena seluruh nilai tersebut masuk pada rentang 15 – 230 mm

#### **4.4 Durabilitas**

Durabilitas merupakan faktor penting yang ada pada beton. Durabilitas beton yaitu kemampuan beton bertahan terhadap serangan cuaca, zat kimia dan abrasi. Hal ini tentunya sangat berpengaruh kepada keawetan suatu bangunan nantinya ketika beton tersebut diimplementasikan di proyek nyata. Pada penelitian ini uji durabilitas akan dilakukan dengan beberapa tes, yaitu uji Permeabilitas, porositas, resistivitas dan kuat tekan. Berikut adalah hasil analisa uji durabilitas tersebut :

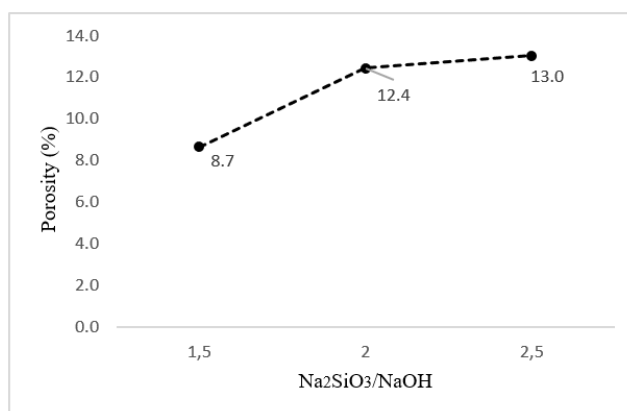
##### **4.4.1 Analisa Hasil Tes Porositas**

Tes porositas yaitu tes untuk mengetahui jumlah pori yang terdapat dari suatu beton. Semakin kecil nilai porositas, maka semakin baik pula durabilitas beton. Kecilnya pori-pori yang ada didalam beton akan mencegah masuknya fluida atau material lain yang mempunyai potensi akan merusak beton. Pada pengujian ini dilakukan uji porositas menggunakan benda uji silinder dengan ukuran 10 x 5 cm. Hasil tes porositas yang dilakukan pada sampel beton geopolimer yaitu :

**Tabel 4.4-1** Hasil uji porositas beton geopolimer tipe C umur 28 hari seluruh variasi alkali aktivator

Variasi Rasio Alkali	Silinder (10 x 5) cm	W <sub>d</sub> gram	W <sub>ssd</sub> gram	Ww gram	Porosity %	Rata - rata
1,5	S1	981.2	1016	619.5	8.8	8.7
	S2	873.1	902.9	551.9	8.5	
	S3	948.6	981.6	600.1	8.7	
2	S1	886	926.6	587.9	12.0	12.4
	S2	891.8	937.3	568.1	12.3	
	S3	925.3	979	566.6	13.0	
2,5	S1	912.2	966.9	568.2	13.7	13.0
	S2	873.3	918.6	545.4	12.1	
	S3	852.2	901.1	531.3	13.2	

**Tabel 4.4-2** hasil uji porositas beton geopolimer tipe C 14 M akibat perbedaan rasio Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>/NaOH



Dari hasil pengujian porositas terhadap beton geopolimer tipe C dengan variasi rasio 1,5, 2, dan 2,5, beton dengan nilai porositas tertinggi terdapat pada sampel beton

rasio 2,5 sedangkan nilai porositas terendah didapatkan oleh beton dengan rasio 1,5. Berdasarkan data pada tabel tersebut, bahwa semakin kecil perbandingan alkali aktivator maka semakin kecil pula nilai porositas yang ada pada beton tersebut. Hal yang sama juga dikemukakan oleh pada (Risdanareni, 2015) pada penelitiannya ia menyebutkan nilai porositas dapat menunjukkan tingkat durabilitas beton, semakin kecil nilai porositas suatu beton maka semakin baik pula tingkat durabilitas beton tersebut. Hal ini juga pernah diteliti oleh (Yun-Yong Kim, 2014), bahwa terdapat hubungan yang linear pada nilai porositas terhadap tingkat durabilitas pada beton. Pendapat yang serupa juga dikemukakan oleh (Singh, 2018), untuk mendapatkan beton yang memiliki durabilitas tinggi maka nilai porositas pada beton tersebut haruslah kecil. Semakin kecil nilai porositas maka semakin padatnya beton tersebut sehingga beton dianggap mampu bertahan terhadap penetrasi klorida sehingga membuat umur beton lebih awet (*durable*). Dengan ini dapat dikatakan bahwa sampel beton dengan variasi alkali aktivator 1,5 mempunyai tingkat durabilitas yang paling baik, lalu disusul dengan variasi rasio 2,0 dan 2,5

#### **4.4.2 Analisa Hasil Uji Resistivitas**

Uji resistivitas dilakukan untuk mengetahui nilai resistensi korosi dari beton geopolimer ketika dilapisi oleh air. Uji ini sangat berkaitan dengan korosi dan perlindungan untuk tulangan beton bertulang dan durabilitas (Sengul & Gjrv, 2008). Pengujian ini dilakukan pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari. Pengujian ini termasuk NDT (*Non-Destructive Test*). Berikut adalah hasil uji resistivitas yang dilakukan pada sampel beton geopolimer.



**Tabel 4.4-3** Hasil uji resistivity beton geopolimer variasi rasio 2,5

Umur Hari	No.	Dimensi cm	Nilai Resistivity (kΩ.cm)						Rata-Rata	
			1	2	3	4	5	6		
7	1	10 x 20	-	-	-	-	-	-	-	0.0
	2	10 x 20	-	-	-	-	-	-	-	
	3	10 x 20	-	-	-	-	-	-	-	
14	1	10 x 20	-	-	-	-	-	-	-	0.0
	2	10 x 20	-	-	-	-	-	-	-	
	3	10 x 20	-	-	-	-	-	-	-	
28	1	15 x 30	3.2	2.6	3.3	3.8	2.4	3.1	3.067	2.5
	2	15 x 30	2.2	1.9	2.2	2.0	1.9	2.5	2.117	
	3	15 x 30	2.3	1.7	2.4	2.3	1.9	2.6	2.2	
56	1	15 x 30	2.8	2.6	3.4	2.8	2.9	3.2	2.95	3.2
	2	15 x 30	4.8	2.9	2.8	4.2	4.0	2.9	3.6	
	3	15 x 30	2.9	2.9	2.9	2.6	2.8	3.6	2.95	

**Tabel 4.4-4** Hasil uji resistivity beton geopolimer variasi rasio 2,0

Umur Hari	No.	Dimensi cm	Nilai Resistivity (kΩ.cm)						Rata-Rata	
			1	2	3	4	5	6		
7	1	10 x 20	-	-	-	-	-	-	-	0.0
	2	10 x 20	-	-	-	-	-	-	-	
	3	10 x 20	-	-	-	-	-	-	-	
14	1	10 x 20	1.1	1.1	1.3	1.1	1	1.1	1.12	1.3
	2	10 x 20	1.4	1.4	1.3	1.3	1.5	1.3	1.37	
	3	10 x 20	1.3	1.5	1.4	1.2	1.2	1.5	1.35	
28	1	10 x 20	3.1	3.5	3.0	2.6	3.6	3.3	3.18	3.0
	2	10 x 20	2.6	2.9	2.3	2.1	2.8	2.5	2.53	
	3	10 x 20	3.2	2.7	2.7	4.1	3.8	3.3	3.30	
56	1	10 x 20	6.0	4.6	5.4	5.6	4.4	6.3	5.38	5.7
	2	10 x 20	6.7	5.3	6.3	6.8	4.5	5.8	5.90	
	3	10 x 20	6.7	5.0	5.7	6.2	4.8	5.9	5.72	

**Tabel 4.4-5** Hasil uji resistivity beton geopolimer variasi rasio 1,5

Umur Hari	No.	Dimensi cm	Nilai Resistivity (k $\Omega$ .cm)						Rata-Rata
			1	2	3	4	5	6	
7	1	10 x 20	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.42
	2	10 x 20	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.37
	3	10 x 20	1.6	1.8	1.5	1.4	1.5	1.5	1.55
14	1	10 x 20	5	5.1	6.2	4.7	5	5.5	5.25
	2	10 x 20	4.7	5.2	5.6	4.8	5.2	4.9	5.07
	3	10 x 20	5.2	4.8	5	5.6	4.4	5.2	5.03
28	1	10 x 20	13.8	14.1	14.6	12.8	12.8	12.0	13.35
	2	10 x 20	16.2	15.0	13.8	13.7	14.3	14.1	14.52
	3	10 x 20	14.2	13.1	13.8	12.9	12.0	13.4	13.23
56	1	10 x 20	24.1	20.8	21.0	20.8	20.0	21.3	21.33
	2	10 x 20	19.8	20.0	19.6	18.0	20.5	18.5	19.40
	3	10 x 20	19.2	18.6	18.3	18.3	17.7	16.3	18.07

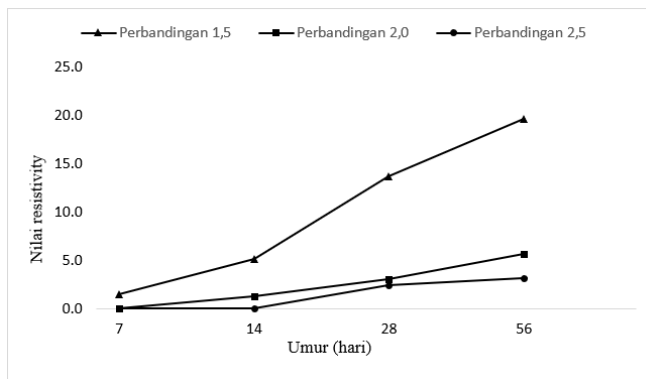
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai resistivitas tertinggi terdapat pada sampel beton dengan variasi rasio 1,5 pada umur 56 hari, sedangkan nilai resistivitas terendah ada pada sampel dengan variasi rasio 2,5. Semakin rendah nilai resistivitas ini maka semakin besar kemungkinan beton akan cepat untuk korosi (Azarsa & Gupta, 2017). Karena semakin besar nilai resistivitas maka semakin sulit ion klorida yang masuk pada permukaan, dan semakin kecil pula kemungkinan untuk korosi. Karena apabila laju korosi cepat hal itu menyebabkan tulangan beton akan cepat berkarat, sehingga membuat beton tersebut menjadi rusak dan mengurangi umur beton. Nilai resistivitas dikelompokkan menjadi beberapa bagian menurut AASTHO T 358-15, yaitu :

**Tabel 4.4-6** Kategori nilai korosi menurut AASTHO T 358-15

Corrosion risk	Resistivity value
Very high	<5
High	5-10
Low/Moderate	10-20
Neglible	>20

Menurut tabel tersebut, beton dengan angka resistivitas kurang dari 5 dikategorikan sebagai beton yang sangat mudah menimbulkan korosi, pada penelitian ini angka kurang dari 5 ada pada beton dengan variasi rasio 2,5 di umur 56 hari dimana angka resistivitas nya kurang dari angka 5 ( $3,2 \text{ k}\Omega\cdot\text{cm}$ ), sehingga dinilai memiliki resiko terkena korosi sangat tinggi. Sedangkan pada rentang 5 – 10 dimana masuk kategori tinggi ada pada beton dengan variasi rasio 2,0 di umur 56 hari ( $5,7 \text{ k}\Omega\cdot\text{cm}$ ), dan yang terakhir pada rentang 10 – 20 dimana nilai korosi terbilang sedang, ada pada beton dengan variasi rasio 1,5 di umur 56 hari ( $19,6 \text{ k}\Omega\cdot\text{cm}$ ). Dari data tersebut, dapat diambil kesimpulan bahwa beton geopolimer variasi rasio 1,5 mempunyai durabilitas yang paling tinggi, karena mempunyai nilai resistivitas paling besar diantara sampel yang lain. Menurut (Paula Cristina Silva, 2011), uji resistivitas ini menjadi salah satu bagian penting dalam parameter durabilitas beton.

**Grafik 4.4-1** Hasil uji resistivitas beton geopolimer seluruh variasi



### 4.4.3 Uji Permeabilitas

Uji permeabilitas adalah uji untuk mengetahui ketahanan permukaan beton terhadap aliran air. Ketahanan permukaan beton ini sangat vital perannya, karena pada bangunan nyata

apabila permukaan beton mempunyai kualitas buruk, maka air akan dengan mudahnya menembus ke dalam beton tersebut, lalu merusak tulangan yang ada di dalamnya, sehingga tulangan akan berkarat dan merusak umur bangunan. Hasil pengujian permeabilitas disajikan tabel berikut :

**Tabel 4.4-7** Hasil Uji Permeabilitas Beton Geopolimer Variasi 2,5

Umur Hari	No.	Dimensi cm	L mm	kT $10^{-16}.m^2$	Rata-Rata $10^{-16}.m^2$	Kualitas Beton
7	1	10 x 20	-	-	-	-
	2	10 x 20	-	-		
	3	10 x 20	-	-		
14	1	10 x 20	62	2.423	2.20	Jelek
	2	10 x 20	65.5	2.714		
	3	10 x 20	8.6	1.461		
28	1	15 x 30	68.2	2.913	2.09	Jelek
	2	15 x 30	61.3	1.899		
	3	15 x 30	56.4	1.461		
56	1	15 x 30	-	-	-	-
	2	15 x 30	-	-		
	3	15 x 30	-	-		

**Tabel 4.4-8** Hasil Uji Permeabilitas Beton Geopolimer Variasi 2,0

Umur Hari	No.	Dimensi cm	L mm	kT $10^{-16}.m^2$	Rata-Rata $10^{-16}.m^2$	Kualitas Beton
7	1	10 x 20	-	-	-	-
	2	10 x 20	-	-		
	3	10 x 20	-	-		
14	1	10 x 20	-	-	-	-
	2	10 x 20	-	-		
	3	10 x 20	-	-		
28	1	15 x 30	11.5	0.028	0.23766667	Normal
	2	15 x 30	25.5	0.137		
	3	15 x 30	45.3	0.548		
56	1	15 x 30	-	-	-	-
	2	15 x 30	-	-		
	3	15 x 30	-	-		

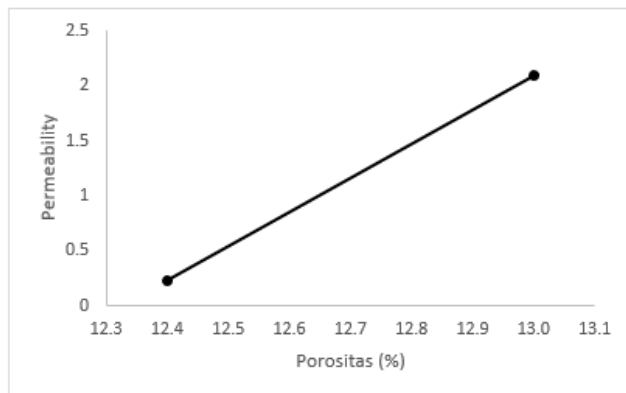
Pada penelitian ini uji permeabilitas sudah dilakukan, namun ditengah jalannya penelitian ini alat uji permeability tersebut rusak dan tidak dapat digunakan kembali. Sehingga mengakibatkan kurang lengkapnya data yang dapat dikumpulkan untuk di analisa.

#### 4.5 Korelasi permeabilitas dan porositas

**Tabel 4.5-1** Rekapitulasi data permeabilitas dan porositas beton

Variasi Rasio Alkali	Nilai porositas	Nilai permeability
1,5	8.7	-
2	12.4	0.237
2,5	13.0	2.09

**Grafik 4.5-1** Korelasi permeabilitas dan porositas



Tabel diatas merupakan rekapitulasi nilai permeability dan porositas beton geopolimer pada umur 28 hari. Grafik korelasi tersebut belum bisa menunjukkan dengan pasti hubungan antara permeabilitas dan porositas dikarenakan data

permeabilitas sendiri kurang lengkap. Namun idealnya besarnya permeabilitas juga diikuti besarnya porositas pula, perbandingan air terhadap semen mempunyai pengaruh terhadap hal tersebut. Porositas akan meningkat ketika jumlah semen pada sampel beton berkurang. Lalu volume pori dan saluran air akan meningkat, suatu hal yang menyebabkan permeabilitas naik pula (Cui et al., 2017).

#### 4.6 Analisa Hasil Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan merupakan tes untuk mengetahui kekuatan beton untuk menahan sejumlah beban tertentu. Uji kuat tekan pada penelitian ini dilakukan pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari. Proses uji tekan ini digunakan 36 buah sampel beton yang terbagi menjadi 3 sampel tiap umurnya. Uji tekan dilakukan di Laboraturium Beton dan Bahan Bangunan Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ITS, kampus ITS Manyar.

**Tabel 4.6-1** Hasil uji kuat tekan beton geopolimer tipe C rasio 2,5

No sampel	Ukuran Benda Uji Silinder(cm)	Umur (hari)	Berat (Kg)	Kapasitas (ton)	Faktor Koreksi	Kuat tekan (Mpa)	Rata rata (Mpa)
1	10 x 20	7	13.22	2.9	1.04	3.77	3.55
2	10 x 20		13.22	2.7	1.04	3.51	
3	10 x 20		13.32	2.6	1.04	3.38	
1	10 x 20	14	13.22	7.1	1.04	9.22	8.22
2	10 x 20		13.22	6.1	1.04	7.92	
3	10 x 20		13.32	5.8	1.04	7.53	
1	15 x 30	28	13.22	25.1	1	13.37	12.11
2	15 x 30		13.22	22.5	1	11.98	
3	15 x 30		13.32	20.6	1	10.97	
1	15 x 30	56	9.84	35.4	1	18.86	16.69
2	15 x 30		9.86	29.6	1	15.77	
3	15 x 30		9.92	29	1	15.45	

**Tabel 4.6-2** Klasifikasi standar deviasi 2,5

No sampel	Kuat tekan (Mpa)	Rata rata (Mpa)	Standar Deviasi	Klasifikasi
1	3.77			
2	3.51	3.55	0.20	Istimewa
3	3.38			
1	9.22			
2	7.92	8.22	0.88	Istimewa
3	7.53			
1	13.37			
2	11.98	12.11	1.20	Istimewa
3	10.97			
1	18.86			
2	15.77	16.69	1.88	Istimewa
3	15.45			

**Tabel 4.6-3** Hasil uji kuat tekan beton geopolimer tipe C rasio 2,0

No sampel	Ukuran Benda Uji Silinder(cm)	Umur (hari)	Berat (Kg)	Kapasitas (ton)	Faktor Koreksi	Kuat tekan (Mpa)	Rata rata (Mpa)
1	10 x 20		4.04	5.5	1.04	7.14	
2	10 x 20	7	4.02	5.5	1.04	7.14	7.18
3	10 x 20		4	5.6	1.04	7.27	
1	10 x 20		3.86	15.1	1.04	19.60	
2	10 x 20	14	4.02	18.5	1.04	24.02	20.43
3	10 x 20		3.98	13.6	1.04	17.66	
1	15 x 30		13.66	51.6	1	27.48	
2	15 x 30	28	13.18	48.6	1	25.89	25.03
3	15 x 30		13.38	40.8	1	21.73	
1	15 x 30		10.26	43.7	1	23.28	
2	15 x 30	56	10.34	65	1	34.62	27.29
3	15 x 30		10.1	45	1	23.97	

**Tabel 4.6-4** Klasifikasi standar deviasi perbandingan 2,0

No sampel	Kuat tekan (Mpa)	Rata rata (Mpa)	Standar Deviasi	Klasifikasi
1	7.14			
2	7.14	7.18	0.07	Istimewa
3	7.27			
1	19.60			
2	24.02	20.43	3.26	Istimewa
3	17.66			
1	27.48			
2	25.89	25.03	2.97	Istimewa
3	21.73			
1	23.28			
2	34.62	27.29	6.36	Baik
3	23.97			

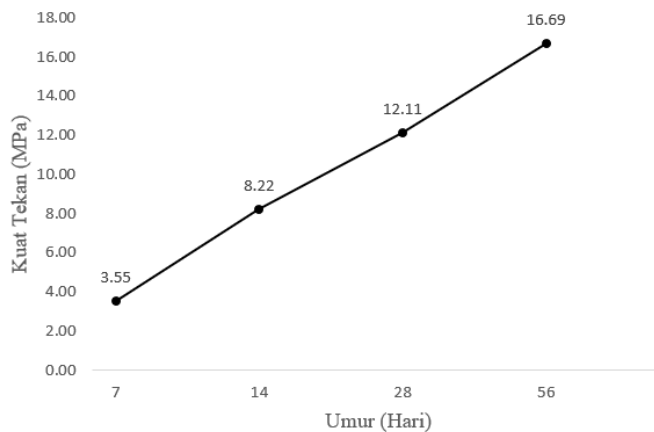
**Tabel 4.6-5** Hasil uji kuat tekan beton geopolimer tipe C rasio 1,5

No sampel	Ukuran Benda Uji Silinder(cm)	Umur (hari)	Berat (Kg)	Kapasitas (ton)	Faktor Koreksi	Kuat tekan (Mpa)	Rata rata (Mpa)
1	10 x 20		4.04	25.9	1.04	33.63	
2	10 x 20	7	4.08	23.7	1.04	30.77	33.15
3	10 x 20		4.12	27	1.04	35.06	
1	10 x 20		4.04	42	1.04	54.53	
2	10 x 20	14	4.02	33.6	1.04	43.62	45.44
3	10 x 20		4.02	29.4	1.04	38.17	
1	10 x 20		4.08	37.3	1.04	48.43	
2	10 x 20	28	3.96	35.6	1.04	46.22	52.02
3	10 x 20		4.08	47.3	1.04	61.41	
1	10 x 20		4	35.1	1.04	45.57	
2	10 x 20	56	4.06	49.8	1.04	64.66	55.74
3	10 x 20		4.06	43.9	1.04	57.00	

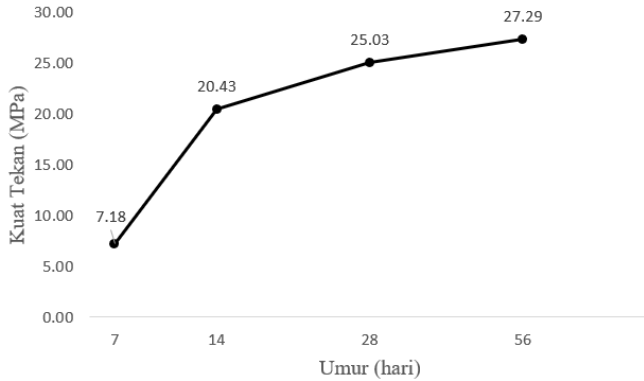


**Tabel 4.6-6** Klasifikasi standar deviasi 1,5

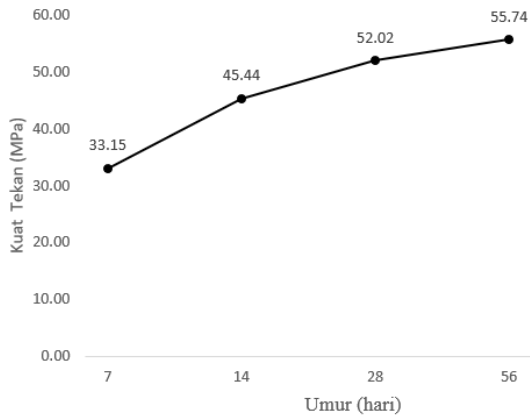
No sampel	Kuat tekan (Mpa)	Rata rata (Mpa)	Standar Deviasi	Klasifikasi
1	33.63	33.15	2.18	Istimewa
2	30.77			
3	35.06			
1	54.53	45.44	8.33	Kuarang
2	43.62			
3	38.17			
1	48.43	52.02	8.21	Cukup
2	46.22			
3	61.41			
1	45.57	55.74	9.60	Kurang
2	64.66			
3	57.00			

**Grafik 4.6-1** Kuat tekan beton geopolimer Variasi Rasio Alkali Aktivator 2,5

**Grafik 4.6-2** Kuat tekan beton geopolimer Variasi Rasio Alkali  
Aktivator 2,0



**Grafik 4.6-3** Kuat tekan beton geopolimer Variasi Rasio Alkali  
Aktivator 1,5



Dari grafik diatas, terlihat bahwa nilai kuat tekan tertinggi ada pada usia 56 hari. Kuat tekan paling tinggi terdapat

pada perbandingan alkali aktivator 1,5 dengan kuat tekan sebesar 55,74 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan terendah pada umur 56 hari ada pada perbandingan alkali aktivator 2,5 yaitu 16,69 MPa, disusul dengan perbandingan 2,0 yaitu sebesar 27,29 MPa. Sejalan dengan penelitian sebelumnya bahwa mengurangi rasio alkali aktivator dari 2,5 ke 2,0 dan ke 1,5 akan menaikkan kuat tekan beton geopolimer (Gomaa et al., 2017). Maka dapat disimpulkan bahwa variasi rasio yang dapat menghasilkan kuat tekan beton geopolimer secara optimum yaitu 1,5. Ini membuktikan bahwa perbedaan rasio alkali aktivator sangat berdampak pada kekuatan beton geopolimer, hal ini juga sejalan dengan penelitian sebelumnya yang mengatakan bahwa perbandingan rasio sodium silikat terhadap natrium hidroksida meruakan indikator utama dalam kuat tekan beton geopolimer (Rangan & Hardjito, 2005). Juga (Mustafa et al., 2011) dalam *International Conference on Mechanical, Industrial, and Manufacturing Technologies* (MIMT) juga mengatakan bahwa, perbandingan alkali aktivator mempunyai efek yang besar kepada kuat tekan beton geopolimer.

#### **4.7 Korelasi antara Kuat Tekan dan Porositas**

##### **Rekapitulasi Data Kuat Tekan dan Porositas**

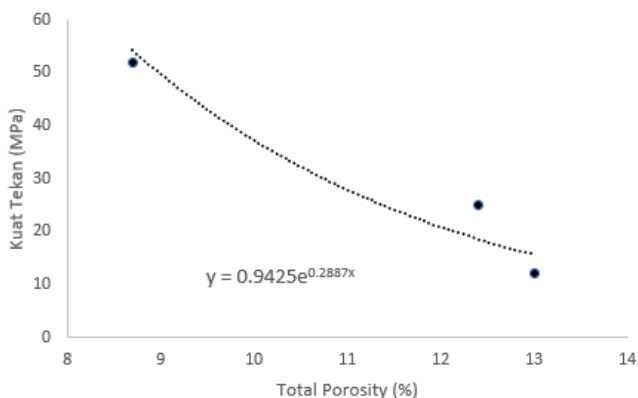
**Tabel 4.7-1** Rekapitulasi Data Kuat Tekan dan Porositas Beton Geopolimer

<b>Variasi Rasio Alkali</b>	<b>Kuat tekan (Mpa)</b>	<b>Porositas (%)</b>
2,5	12.11	13
2,0	25.03	12.4
1,5	52.02	8.7

Tabel diatas merupakan data rekapitulasi dari nilai kuat tekan umur 28 hari dan nilai porositas umur 28 hari pada beton geopolimer. Pada data tersebut ditemukan sebuah korelasi yang

menghubungkan antara keduanya yang dapat untuk dianalisa. Berikut adalah grafik yang menunjukkan korelasi nilai kuat tekan beton dan nilai porositas beton dengan pendekatan secara eksponensial.

**Grafik 4.7-1** Hubungan antara kuat tekan dan porositas



Grafik 4.6-1 menunjukkan korelasi antara kuat tekan beton dengan nilai porositas, dimana semakin kecil nilai porositas maka semakin besar pula nilai kuat tekan yang dimiliki beton tersebut. Hal yang sama juga diungkapkan oleh (Lian et al., 2011) dan (Kim et al., 2014) pada penelitiannya.

Beton dengan perbandingan 2,5 memiliki angka porositas terbesar 13%, namun memiliki nilai kuat tekan yang rendah yaitu 12.11 MPa pada umur 28 hari. Sedangkan beton dengan perbandingan 1,5 memiliki angka porositas terkecil yaitu 8,7% namun memiliki kuat tekan tertinggi sebesar 52,02 MPa pada umur 28 hari.

Berdasarkan data tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa beton dengan kuat tekan tertinggi, yaitu perbandingan alkali 1,5 mempunyai performa yang lebih baik diantara perbandingan alkali 2,0 serta 2,5. Penelitian yang sama juga

dilakukan oleh (Erniati, 2015) dimana dalam mengamati kuat tekan beton sangat berhubungan erat dalam mengamati porositas. Dapat kita simpulkan bahwa porositas sangat mempengaruhi nilai kuat dan juga durabilitas, yang sejalan dengan penelitian sebelumnya (Goueygou et al., 2003). Korelasi antara kuat tekan dengan porositas ini tentu saja hanya berlaku untuk sampel yang mempunyai *mix design* yang sama.

#### **4.8 Korelasi antara Kuat Tekan dan Resistivitas**

##### **Rekapitulasi Data Kuat tekan dan Resistivitas Beton Geopolimer Seluruh Variasi Rasio**

**Tabel 4.8-1** Rekapitulasi Data Kuat Tekan dan Resistivitas Beton Geopolimer Variasi 2,5

<b>Umur (hari)</b>	<b>Kuat Tekan (Mpa)</b>	<b>Nilai Resistivitas (k<math>\Omega</math>.cm)</b>
7	3.55	0.00
14	8.22	0.00
28	12.11	2.46
56	16.69	3.17

**Tabel 4.8-2** Rekapitulasi Data Kuat Tekan dan Resistivitas Beton Geopolimer Variasi 2,0

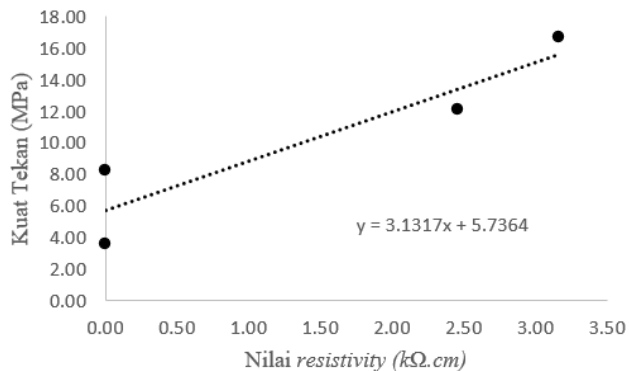
<b>Umur (hari)</b>	<b>Kuat Tekan (Mpa)</b>	<b>Nilai Resistivitas (k<math>\Omega</math>.cm)</b>
7	7.18	0.00
14	20.43	1.28
28	25.03	3.01
56	27.29	5.67

**Tabel 4.8-3** Rekapitulasi Data Kuat Tekan dan Resistivitas Beton Geopolimer Variasi 1,5

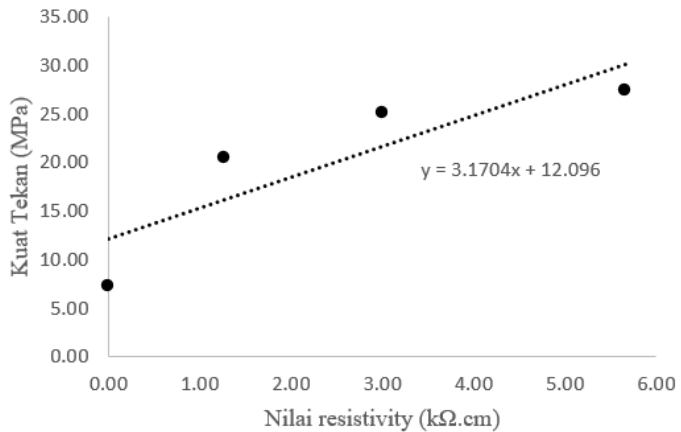
Umur (hari)	Kuat Tekan (Mpa)	Nilai Resistivitas ( $k\Omega.cm$ )
7	33.15	1.4
14	45.44	5.0
28	52.02	13.1
56	55.74	19.1

Tabel diatas merupakan data rekapitulasi antara nilai kuat tekan dan nilai resistivitas pada seluruh variasi rasio dan umur. Pada penelitian ini ditemukan korelasi yang menghubungkan nilai tersebut yang akan dianalisa lebih lanjut. Berikut adalah grafik korelasi antara nilai kuat tekan dan nilai resistivitas pada seluruh variasi dan umur yang dilakukan dengan pendekatan secara linear:

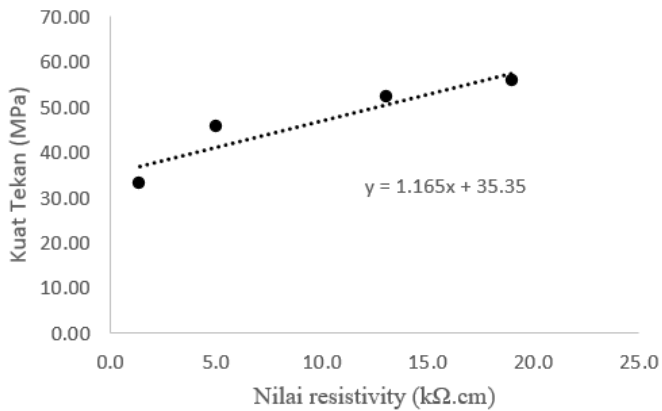
**Tabel 4.8-4** Hubungan antara nilai kuat tekan dan resistivitas variasi rasio 2,5



**Tabel 4.8-5** Hubungan antara nilai kuat tekan dan resistivitas variasi rasio 2,0



**Tabel 4.8-6** Hubungan antara nilai kuat tekan dan resistivitas variasi rasio 1,5



Berdasarkan grafik diatas, besarnya nilai resistivitas juga diikuti oleh meningkatnya nilai kuat tekan beton geopolimer. Hal ini juga didukung oleh penelitian (Gupta, 2017), dalam penelitian nya menyebutkan bahwa terdapat hubungan antara kenaikan angka resistivitas dan kuat tekan beton. Semakin besar angka resistivitas, semakin baik pula tingkat durabilitas beton tersebut. Sehingga dapat kita ambil kesimpulan bahwa beton dengan variasi rasio alkali 1,5 memiliki performa paling baik diantara variasi rasio alkali 2,0 dan 2,5 berdasarkan hubungan kuat tekan dengan nilai resistivitas tersebut. Korelasi antara besarnya nilai kuat tekan dengan resistivitas ini tentu saja hanya berlaku untuk sampel yang mempunyai *mix design* yang sama



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa data serta pengujian yang telah dilakukan kepada beton geopolymer tipe C dengan variasi rasio alkali aktivator molaritas tinggi 14 M. Maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Workabilitas paling optimal ada pada variasi rasio alkali aktifator 1,5. Dimana pada perbandingan tersebut dihasilkan slump paling tinggi, yakni sebesar 225 mm.
2. Durabilitas paling optimal terdapat pada variasi rasio alkali aktifator 1,5. Karena pada rasio tersebut didapatkan nilai uji resistivitas, porositas paling baik diantara kedua variasi rasio lain. Dimana uji tersebut dianggap mewakili tingkat durabilitas sampel beton geopolimer pada penelitian ini. Variasi rasio 1,5 memiliki nilai porositas sebesar 8,7%. Sedangkan untuk nilai resistivitas didapatkan nilai sebesar 13,7 k $\Omega$ .cm pada umur 28 hari.
3. Performa paling optimal ada beton variasi alkali aktivator 1,5 dimana beton tersebut mempunyai nilai kuat tekan tertinggi dan juga mempunyai kemampuan mekanik paling tinggi diantara variasi rasio 2,0 dan 2,5
4. Rasio yang memenuhi target kuat tekan pada umur 28 hari terdapat pada rasio alkali aktifator 1,5 yakni sebesar 52,02 MPa dimana nilai tersebut melebihi target kuat tekan umur 28 hari yaitu sebesar 35 MPa.

#### 5.2 Saran

1. Suhu tempat dimana benda uji diletakan haruslah diperiksa.

2. Usahakan dalam mencetak benda uji mempunyai ukuran yang sama.
3. Dalam mencetak benda uji usahakan jumlahnya lebih dari 3
4. Agregat yang dipakai untuk mencetak benda uji harus dipastikan dulu agar bersih dan kering.
5. Lama pencampuran beton lebih baik diperhatikan karena sangat berpengaruh terhadap kekentalan beton segar
6. Seluruh kegiatan dalam pembuatan benda uji lebih baik didokumentasikan dari awal hingga akhir

## DAFTAR ACUAN

- AASHTO. (2013). AASHTO T358 - Standard Method of Test for Surface Resistivity Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration. *American Association of State Highway and Transportation Officials*. <https://doi.org/10.1520/C1202-12.2>
- Aashto T22. (2011). Standard Method of Test for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. *ASTM C39-12*.
- Albitar, M., Mohamed Ali, M. S., Visintin, P., & Drechsler, M. (2017). Durability evaluation of geopolymer and conventional concretes. *Construction and Building Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.01.056>
- ASTM. (2008). ASTM C39 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens 1. *ASTM International*.
- ASTM C131-03. (2003). Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine 1. *ASTM International*.
- Astm C29/C. (1997). Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate. *ASTM International*.
- Azarsa, P., & Gupta, R. (2017). Electrical Resistivity of Concrete for Durability Evaluation: A Review. In *Advances in Materials Science and Engineering*.

<https://doi.org/10.1155/2017/8453095>

Chindaprasirt, P., Chareerat, T., & Sirivivatnanon, V. (2007). Workability and strength of coarse high calcium fly ash geopolymer. *Cement and Concrete Composites*.

<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2006.11.002>

Criado, M., Fernández-Jiménez, A., & Palomo, A. (2010). Alkali activation of fly ash. Part III: Effect of curing conditions on reaction and its graphical description. *Fuel*.

<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2010.03.051>

Cui, X., Zhang, J., Huang, D., Liu, Z., Hou, F., Cui, S., Zhang, L., & Wang, Z. (2017). Experimental study on the relationship between permeability and strength of pervious concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*.

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0002058](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0002058)

Davidovits, J. (1994). Properties of Geopolymer Cements. *First International Conference on Alkaline Cements and Concretes*.

Deb, P. S., Nath, P., & Sarker, P. K. (2014). The effects of ground granulated blast-furnace slag blending with fly ash and activator content on the workability and strength properties of geopolymer concrete cured at ambient temperature. *Materials and Design*.

<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.05.001>

- Gomaa, E., Sargon, S., Kashosi, C., & ElGawady, M. (2017). Fresh properties and compressive strength of high calcium alkali activated fly ash mortar. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2017.06.001>
- Goueygou, M., Lafhaj, Z., & Kaczmarek, M. (2003). Relationship between porosity, permeability and ultrasonic parameters in sound and damage mortar. *Non-Destructive Testing in Civil Engineering 2003*.
- Kim, Y. Y., Lee, K. M., Bang, J. W., & Kwon, S. J. (2014). Effect of W/C ratio on durability and porosity in cement mortar with constant cement amount. *Advances in Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1155/2014/273460>
- Lian, C., Zhuge, Y., & Beecham, S. (2011). The relationship between porosity and strength for porous concrete. *Construction and Building Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.05.005>
- Lokuge, W., Wilson, A., Gunasekara, C., Law, D. W., & Setunge, S. (2018). Design of fly ash geopolymer concrete mix proportions using Multivariate Adaptive Regression Spline model. *Construction and Building Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.175>
- Mehta, A., & Siddique, R. (2017). Sulfuric acid resistance of fly ash based geopolymer concrete. *Construction and Building Materials*.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.077>

- Mustafa, M., Bakri, A., Mohammed, H., Kamarudin, H., Niza, I. K., & Zarina, Y. (2011). Review on fly ash-based geopolymer concrete without Portland Cement. *Journal of Engineering and Technology Research*.
- Muttashar, M. (2014). GEOPOLYMER CONCRETE : THE GREEN ALTERNATIVE WITH SUITABLE STRUCTURAL PROPERTIES. *23rd Australasian Conference on the Mechanics of Structures and Materials (ACMSM23)*.
- Phoo-Ngernkham, T., Phiangphimai, C., Dmrongwiriyapap, N., Hanjitsuwan, S., Thumrongvut, J., & Chindapasirt, P. (2018). A Mix Design Procedure for Alkali-Activated High-Calcium Fly Ash Concrete Cured at Ambient Temperature. *Advances in Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1155/2018/2460403>
- Ramujee, K., & Potharaju, M. (2017). Mechanical Properties of Geopolymer Concrete Composites. *Materials Today: Proceedings*.  
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.02.175>
- Rangan, B., & Hardjito, D. (2005). Studies on fly ash-based geopolymer concrete. *Proc. 4th World ....*
- Rattanasak, U., Pankhet, K., & Chindapasirt, P. (2011). Effect of chemical admixtures on properties of high-calcium fly ash geopolymer. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*.

<https://doi.org/10.1007/s12613-011-0448-3>

- Sengul, O., & Gjørsv, O. E. (2008). Electrical resistivity measurements for quality control during concrete construction. *ACI Materials Journal*.  
<https://doi.org/10.14359/20195>
- Shadnia, R., Zhang, L., & Li, P. (2015). Experimental study of geopolymer mortar with incorporated PCM. *Construction and Building Materials*.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.03.066>
- SNI 1972:2008. (2008). Cara Uji Slump Beton. In *Badan Standar Nasional Indonesia*.
- SNI 1972. (2008). Cara Uji Slump Beton. *Badan Standar Nasional Indonesia*.
- Temuujin, J., van Riessen, A., & Williams, R. (2009). Influence of calcium compounds on the mechanical properties of fly ash geopolymer pastes. *Journal of Hazardous Materials*.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.12.121>
- Topark-Ngarm, P., Chindaprasirt, P., & Sata, V. (2015). Setting time, strength, and bond of high-calcium fly ash geopolymer concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*.  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001157](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001157)
- Wimalasiri, M., Robert, D. J., Li, C. Q., & Baji, H. (2018). A new method to simulate permeability degradation of stressed concrete. *Construction and*

*Building Materials.*

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.124>



## INDEKS KETERANGAN VARIABEL RUMUS

### A

AAS = *Alkaline Activator Solution*

A = Luas penampang benda uji (cm<sup>2</sup>)

a = Jarak antar probe

### B

B1 = Berat labu + pasir + air (gram)

B2 = Berat labu + air (gram)

### I

I = Besarnya arus

### M

MRS = Agregat halus

MLS = Agregat kasar

**P**

P = Beban maksimum (kg)

P<sub>tot</sub> = Total porositas (%)

**S**

S<sub>g</sub> = Specific gravity pasir

**V**

V = Volume (Liter)

**W**

W<sub>1</sub> = Berat sebelum di abrasi (gram)

W<sub>2</sub> = Berat setelah di abrasi (gram)

w<sub>1</sub> = Berat silinder (kg)

w<sub>2</sub> = Berat silinder + pasir (Kg)

W<sub>d</sub> = Berat benda uji setelah di oven pada suhu 105°C selama 24 jam (gr)

W<sub>lh</sub> = Berat larutan NaOH

W<sub>ls</sub> = Berat larutan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>

$W_{ph}$  = NaOH padat

$W_{ps}$  =  $Na_2SiO_3$  Padat

$W_{sa}$  = Berat benda uji jenuh air di udara (gr)

$W_{sw}$  = Berat benda uji jenuh air dalam air (gr)

## $\rho$

$\rho_{RS}$  = Berat jenis pasir kondisi SSD

$\rho_w$  = Berat jenis air

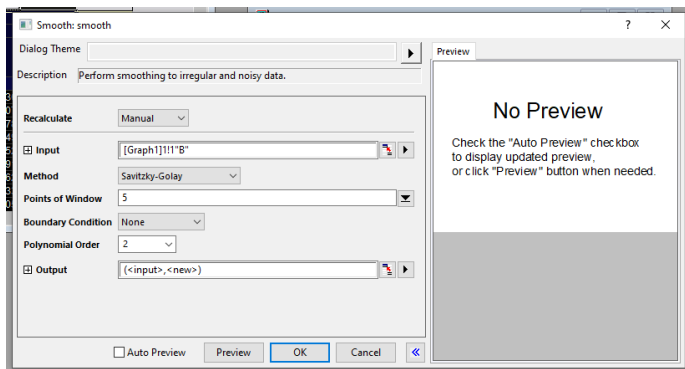
$\rho$  = resistivitas

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

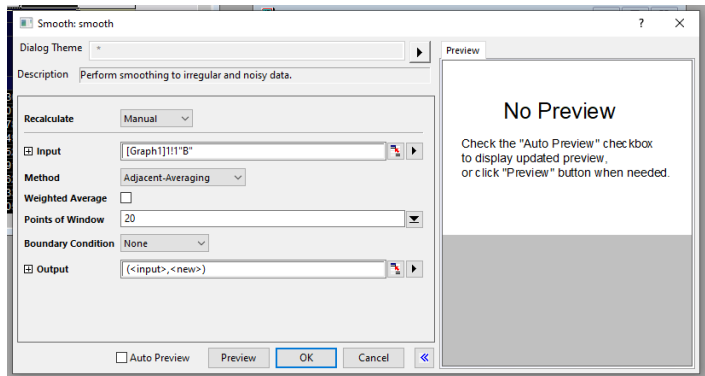
## LAMPIRAN

### LANGKAH MENGHITUNG KRISTALIN DAN AMORF PADA 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

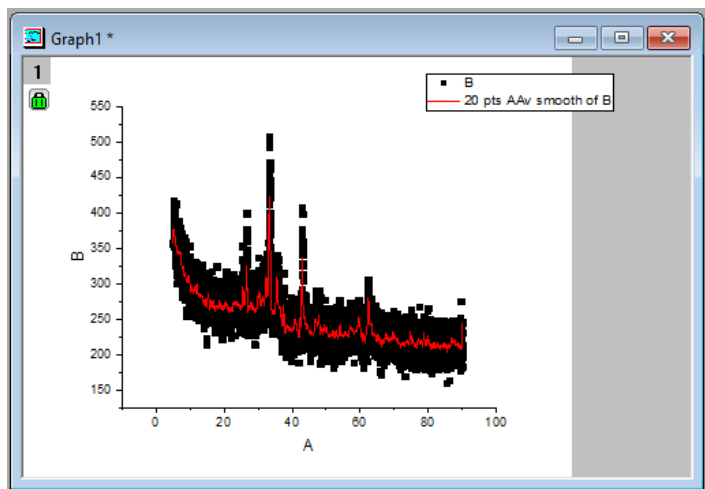


Pilihan tersebut dapat diganti menjadi seperti dibawah ini

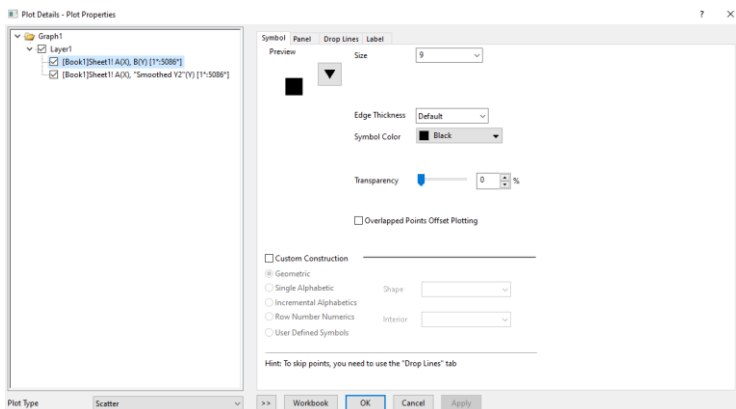


Pada pendekatan ini saya menggunakan angka 20 karena menurut saya dengan angka tersebut, data sudah cukup halus bagi saya untuk dianalisa. Setelah itu klik ok

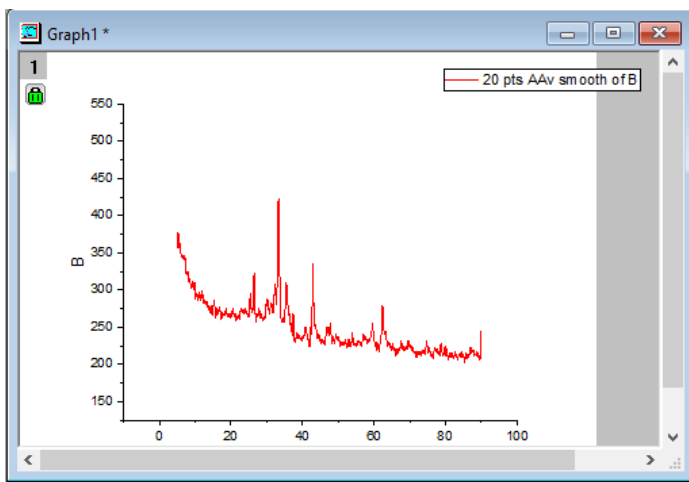
4. Maka akan ditampilkan data yang lebih halus terlihat pada garis merah



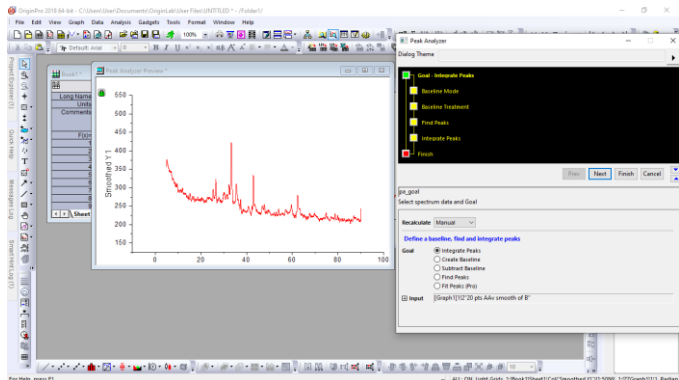
5. Langkah selanjutnya yaitu mengklik data tersebut, akan muncul pilihan seperti ini



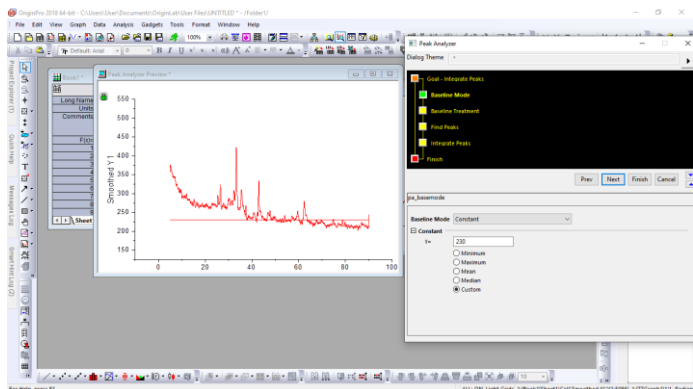
Pada kotak pertama, hilangkan saja centangnya (dengan begitu grafik berwarna hitam tersebut hilang) dengan cara mengklik pada kotak tersebut. Maka data yang ditampilkan sudah terlihat halus



- Setelah itu klik analysis – peak and baseline – peak analyzer - open dialog. Akan muncul pilihan seperti ini

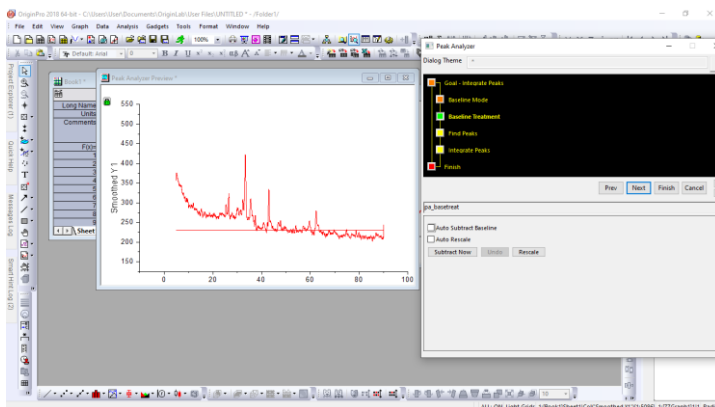


7. Klik next, lalu kita akan mendapatkan opsi untuk menentukan baseline. Yaitu sumbu y, setting angka tersebut tergantung data dan pendekatan penganalisa. Pada data ini saya masukan baseline sebesar 230

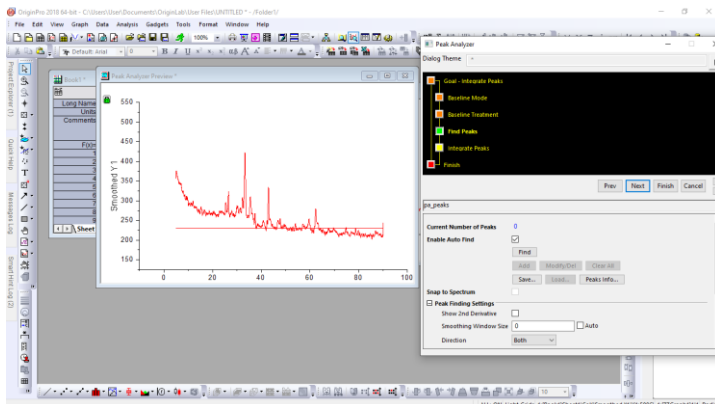


8. Setelah itu klik next, lalu akan muncul gambar seperti ini, setelah dirasa pas maka langsung klik next

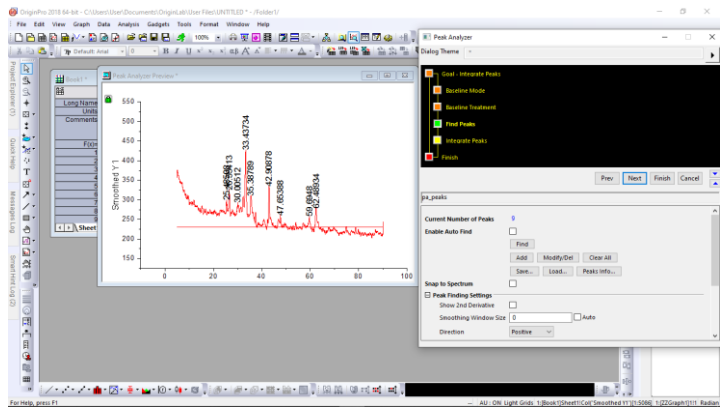
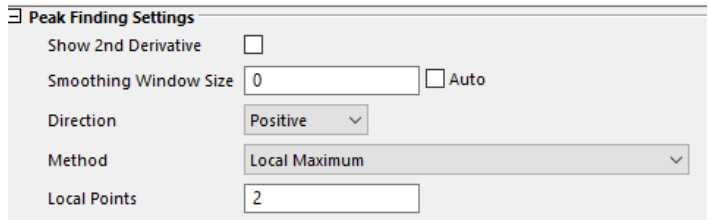




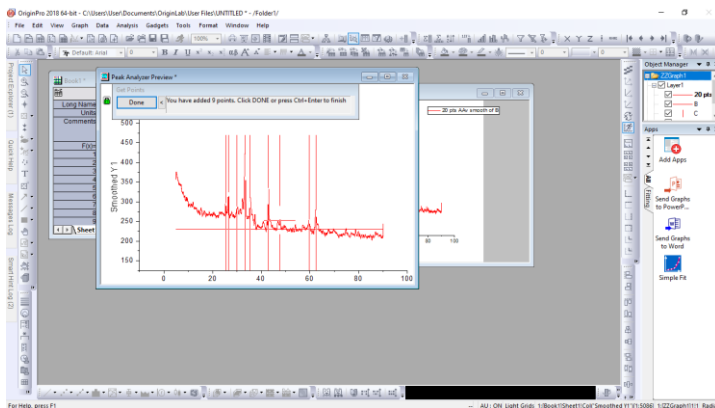
9. Lalu klik next. Setelah itu akan muncul tampilan seperti ini, langsung saja klik next



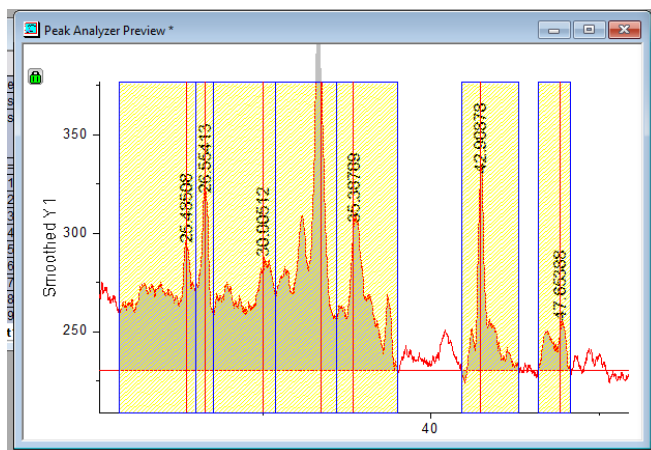
10. Lalu muncul tampilan seperti gambar diatas. Pada Langkah ini kita bisa langsung memilih puncak data pada grafik. Namun sebelum itu ada hal yang harus dilakukan, yaitu mengubah settingan “direction” dari both menjadi positive.



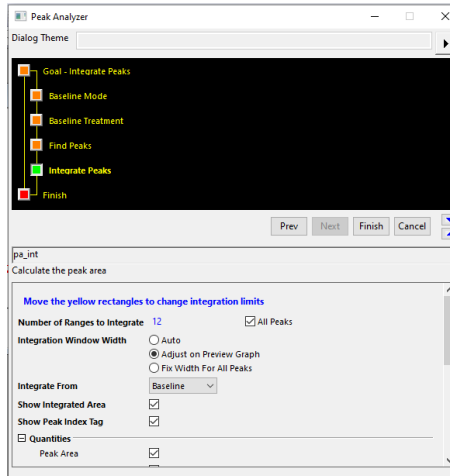
11. Setelah itu klik “add” untuk mulai menunjuk data data puncak pada grafik (dengan pendekatan masing masing penganalisa)



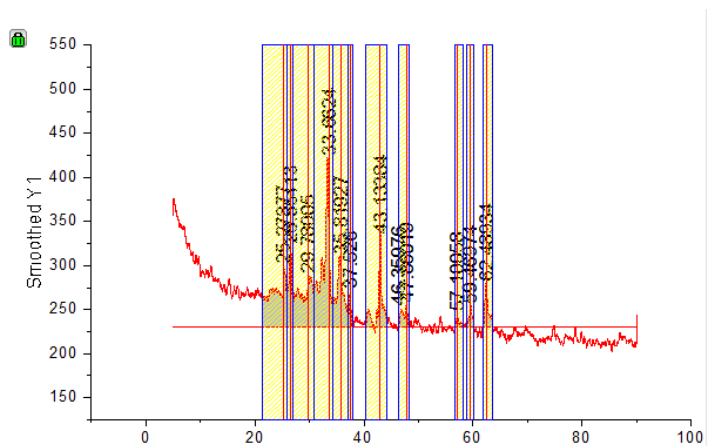
12. Lalu pilih puncak data yang ada pada grafik. Hal ini tergantung pendekatan masing masing penganalisa. Dalam perhitungan ini saya menentukan 11 puncak tertinggi versi saya. Setelah selesai, klik done lalu klik next.



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	AreaIntgP
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 dimasukkan kedalam microsoft excell untuk di jumlahkan agar mendapatkan banyaknya luas kristalin

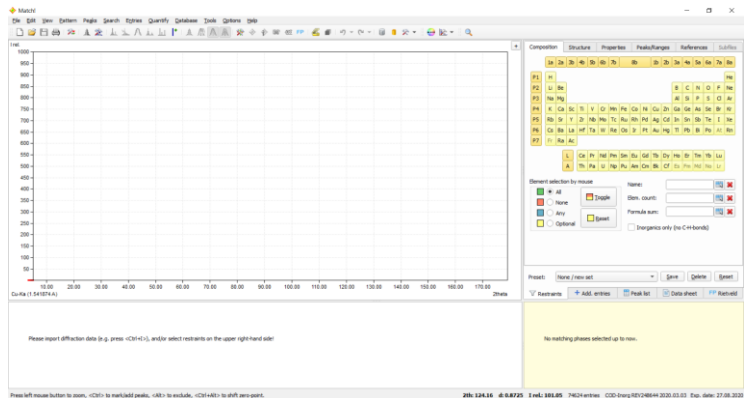
	A	B	C	D	E
1	1	41.7161			
2	2	54.84042			
3	3	145.8548			
4	4	247.9483			
5	5	109.7572			
6	6	14.88616			
7	7	80.40786			
8	8	0.01273			
9	9	26.26415			
10	10	7.69435			
11	11	15.48617			
12	12	34.56806			
13	Jumlah	779.4363	Luas Puncak Kristalin		

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

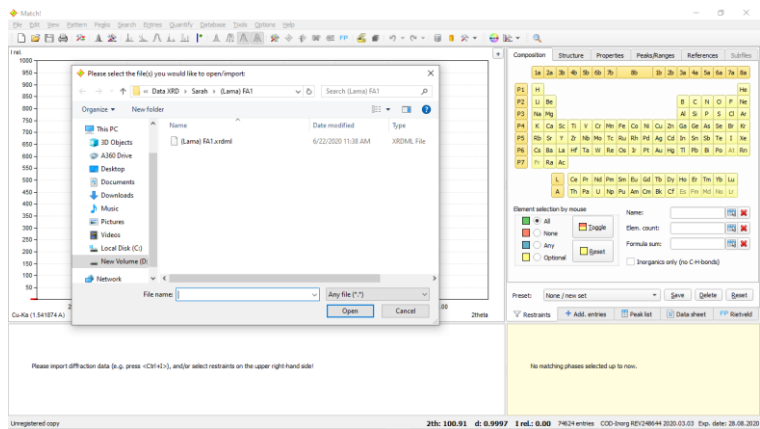
	A	B	C	D	E
1	1	41.7161			
2	2	54.84042			
3	3	145.8548			
4	4	247.9483			
5	5	109.7572			
6	6	14.88616			
7	7	80.40786			
8	8	0.01273			
9	9	26.26415			
10	10	7.69435			
11	11	15.48617			
12	12	34.56806			
13	Jumlah	779.4363	Luas Puncak Kristalin		
14		1696	Luas Total Grafik		
15					
16	Presentase kristalin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

### LANGKAH Mencari Prosentasi Kristalin Pada Software Match

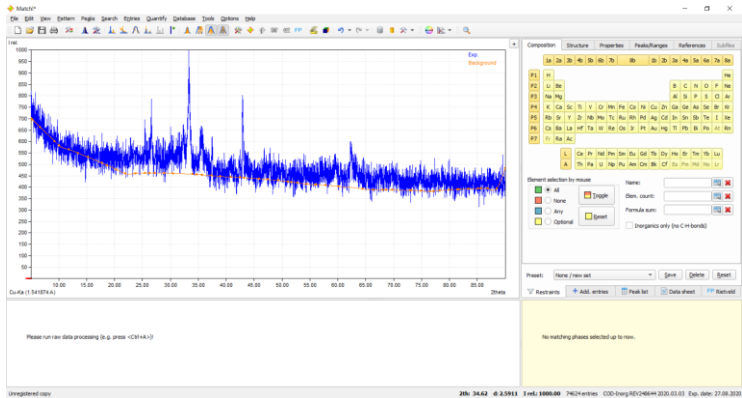
1. Buka Software Match!, jika sudah terbuka akan terlihat tampilan awal seperti pada gambar dibawah



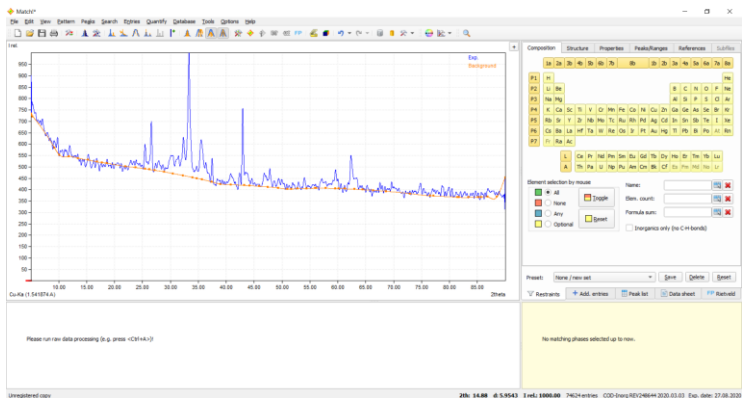
2. Pilih Menu File → Open → pilih file hasil uji XRD (format file XRD biasanya .xrdml)



3. Jika sudah maka akan terbentuk pola hasil uji XRD

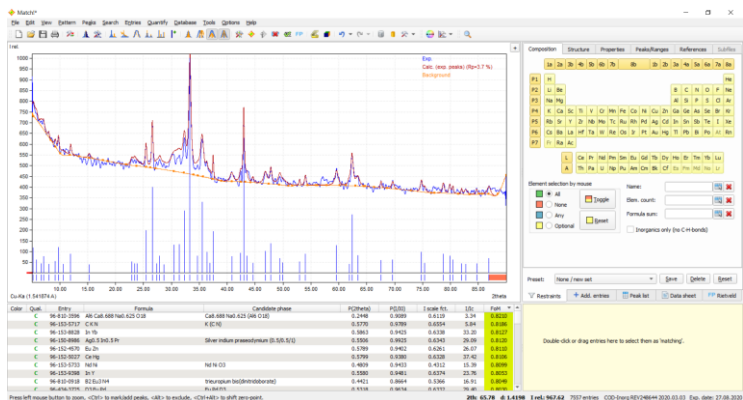


4. Langkah selanjutnya pilih menu Pattern → Smooth raw data, jika sudah maka tampilan akan berubah seperti gambar dibawah

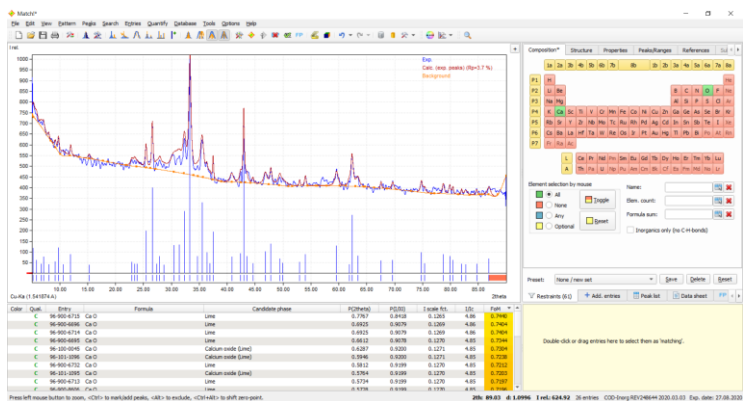


5. Lalu pilih menu Peaks → Peak Search and Fit, jika sudah maka hasil analisa kandungan akan muncul seperti gambar dibawah



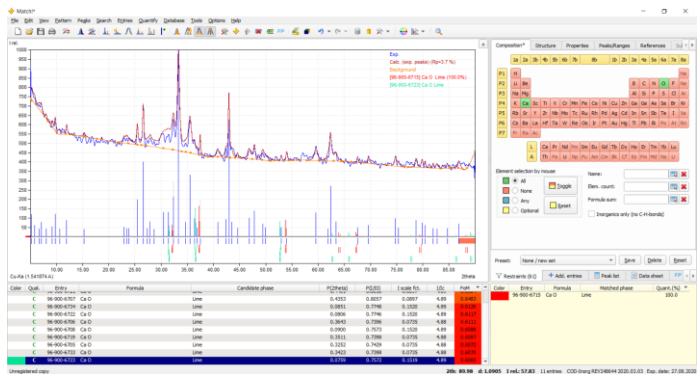


- Untuk mencari unsur/senyawa yang diinginkan pilih unsur yang tertera pada tabel periodik disebelah kanan, jika sudah memilih pilih Toggle pada kolom Element Selection by Mouse. Hasilnya akan dapat dilihat seperti gambar dibawah

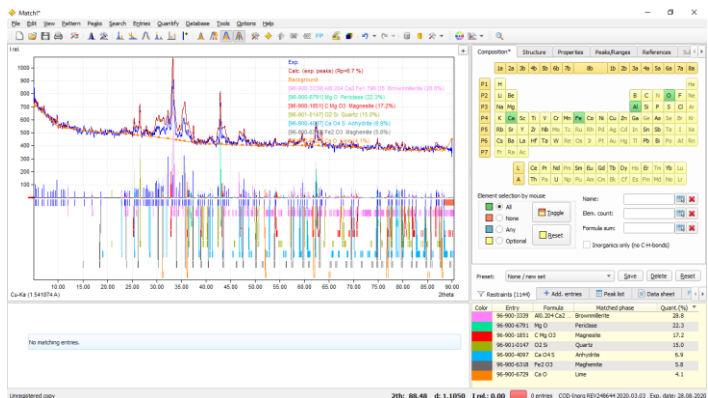


- Pilih senyawa atau unsur pada bagian bawah sesuai dengan yang dibutuhkan, kemudian double klik, maka

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.





# **LOG BOOK**

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
2/3/2020	Uji berat volume NaOH	LMSG	<b>Kendala:</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	12.30-16.00	Berat jenis berbeda dengan NaOH yang pernah diuji oleh Pak Husin	
	Yosi, Syafiq, Ian, Ferdi, Atho, Nisar, Jihad			<b>Solusi:</b>
			Pengujian berat volume menggunakan piknometer agar lebih teliti	
2/4/2020	Lanjut uji berat volume NaOH	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	12.30-15.00	<b>Solusi :</b>	
	Yosi, Syafiq, Hermawan, Ian, Ferdi, Atho			-
2/6/2020	Beli dan packing pasir	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	12.30-16.00	<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Hermawan, Syafiq, Ian, Ferdi, Jihad			
2/7/2020	Penempatan pasir	LMSG	<b>Kendala:</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	12.30-15.00	Kuantitas pasir terlalu banyak, membutuhkan gerobak.	
	Yosi, Hermawan, Syafiq, Ian, Ferdi, Jihad, Atho, Nisar			Gerobak yang dipakai sudah berkarat, sehingga saat digunakan, as
			<b>Solusi:</b>	
			Beli gerobak	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
2/7/2020	Beli Gerobak	UD.	<b>Kendala:</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	Matahari	Penjual tidak bisa mengantarkan gerobak ke kampus	
	Yosi, Ferdi, Jihad, Atho, Nisar	15.30-16.30	<b>Solusi:</b> Bawa gerobak dengan motor	
2/10/2020	Mengayak pasir	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>		<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Ferdi, Atho, Nisar, Hermawan	12.30-15.00		
2/11/2020	Mengayak pasir	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>		<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Ferdi, Atho, Nisar, Hermawan, Syafiq, Ian, Yusuf, Tossan	12.30-15.00		
2/12/2020	Mengayak pasir	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>		<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Ferdi, Atho, Nisar, Hermawan, Syafiq, Ian, Yusuf	11.00-15.00		
2/13/2020	Mengayak pasir	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>		<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Ferdi, Atho, Nisar, Hermawan, Syafiq, Ian, Yusuf	11.00-15.00		

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

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
2/20/2020	Memindah fly ash dari sak ke box kontainer dan <b>Pelaksana:</b>	LMSG 12.00-15.00	<b>Kendala:</b>	
	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan		<b>Solusi:</b>	
2/21/2020	Membeli dan mewadahi <b>Pelaksana:</b>	LMSG 12.00-15.00	<b>Kendala:</b>	
	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan		Penempatan kerikil tidak <b>Solusi:</b> Minta tempat ke Pak Wandu	
2/24/2020	Membeli minyak tanah untuk pengujian berat jenis fly ash <b>Pelaksana:</b>	Kampung Pucang Anom 12.00-13.00	<b>Kendala:</b>	
	Yosi, Syafiq		Minyak tanah sulit ditemukan <b>Solusi:</b> Bertanya tempat pembelian minyak tanah di warga	
2/24/2020	Menguji berat jenis fly ash <b>Pelaksana:</b>	LMSG 13.00-16.00	<b>Kendala:</b>	
	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian		Terdapat kerak semen yang sulit dibersihkan di piknometer, bekas praktikum mahasiswa <b>Solusi:</b> Meminjam piknometer di Lab Tanah	
2/25/2020	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
2/26/2020	Grinding dan cor beton NaOH 8M 1,5 SP 2% (Syafiq) dan NaOH 10M 1	LMSG	<b>Kendala:</b> Alat grinding sering mati secara tiba-tiba	
	<b>Pelaksana:</b>			
	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	08.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
2/27/2020	Grinding dan cor beton NaOH 14M 1 SP 2% (Yosi) dan NaOH 12M 1 SP 0%	LMSG	<b>Kendala:</b> Kerikil bercampur lumpur dan pasir basah terkena	
	Slump: 22 cm			
	<b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	08.00-17.00	<b>Solusi:</b> Cuci kerikil dan jemur pasir	
2/28/2020	Grinding dan cor beton NaOH 10M 2,5 SP 2% (Ian) dan NaOH 16M 2,5 SP 2%	LMSG	<b>Kendala:</b> Mold beton habis, membuka mold beton milik Syafiq. Ketika membuka mold beton, kondisi beton masih belum kering, sehingga betonnya rusak	 
	<b>Pelaksana:</b>			
	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	08.00-17.00	<b>Solusi:</b> Reschedule jadwal pengecoran. Pengecoran dengan molaritas rendah dijadwalkan demolding minimal 3 hari setelah cor	



Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
2/28/2020	Beli aktivator	Brataco	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	13.00-14.30	<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Syafiq			
3/2/2020	Grinding dan cor beton	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	NaOH 8M 1,5 SP 2%	08.00-13.00	<b>Solusi:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>			
	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferd, Hermawan, Jihad, Ian			
3/3/2020	Grinding dan cor beton	LMSG	<b>Kendala:</b>	
	NaOH 14M 2,5 SP 2%	08.00-19.00	Cuaca mendung,	
	(Nisar) dan NaOH 14M 1 SP		sehingga	
	<b>Pelaksana:</b>  Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferd, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf		agregat lama  <b>Solusi:</b>	
3/4/2020	Grinding dan cor beton	LMSG	<b>Kendala:</b>	
	NaOH 10M 1 SP 0% (Jihad),	08.00-17.00	Cuaca mendung,	
	Grinding NaOH 10M 2 SP		sehingga	
	<b>Pelaksana:</b>  Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferd, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf		agregat lama  <b>Solusi:</b>	
3/5/2020	Grinding dan cor beton	LMSG	<b>Kendala:</b>	
	NaOH 8M 1 SP 2% (Yosi) dan NaOH 12M 1 SP 0,5%	08.00-22.00	Kondisi pasir	
	Slump: 18,5 cm		basah terkena	
	<b>Pelaksana:</b>		hujan, setelah	
Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferd, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	<b>Solusi:</b>			
Pasir dipanaskan menggunakan kompor				

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
3/6/2020	Grinding dan cor beton NaOH 10M 2,5 SP 2% (Ian) dan NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan)	LMSG	<b>Kendala:</b>	
	<b>Pelaksana:</b>  Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	08.00-19.00	Kondisi pasir basah terkena hujan, setelah dijemur masih belum bisa  <b>Solusi:</b> Pasir dipanaskan menggunakan kompor di Lab Jalan	
3/6/2020	Uji kuat tekan beton NaOH 10M 2,5 SP 2% (Ian)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		19.00-20.00	<b>Solusi:-</b>	
3/6/2020	Memindahkan sample beton ke lab lantai 2	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		20.00-21.00	<b>Solusi:-</b>	
3/9/2020	Grinding NaOH 10M 1 SP 2% (Yosi) dan cor NaOH 10M 2 SP 2% (Ian)	LMSG	<b>Kendala:</b>	
	<b>Pelaksana:</b>  Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	08.00-17.00	Alat cor rusak, sehingga pekerjaan pekerjaan dihentikan  <b>Solusi:</b> Memanggil tukang servis tanggal 10 Maret	
3/10/2020	Menyiapkan agragat untuk cor dan membersihkan mold	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	08.00-15.00	<b>Solusi:-</b>	
3/10/2020	Membeli NaOH	Brataco	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>  Yosi, Ian	10.00-11.00	<b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
3/11/2020	Grinding dan cor NaOH 10M 1 SP 0,5% (Jihad) dan NaOH 14M 1,5 SP 2% (Nisar)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	08.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf			
3/11/2020	Membersihkan mold untuk persiapan pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	13.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf			
3/11/2020	Grinding NaOH 10M 1 SP 2% (Yosi) dan cor NaOH 10M 2 SP 2% (Ferdie)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	08.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf			
3/12/2020	Cor NaOH 10M 1 SP 2% (Yosi), NaOH 8M 1,5 SP 2% (Syafiq), dan Grinding cor NaOH 14M 1 SP 0,5%	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	08.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf			
3/13/2020	Cor NaOH 12M 1 SP 1% (Ferdie), Grinding cor NaOH 10M 2 SP 2% (Ian) dan Grinding NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		08.00-17.00	Alat molen mati saat pengecoran terakhir	
			<b>Solusi:-</b> Agregat didiamkan dalam molen hingga dapat dinyalakan kembali	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
3/30/2020	Mencuci kerikil serta menjemur pasir dan kerikil	LMSG	<b>Kendala:</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	08.30-10.00	Wabah penyakit corona menyebabkan resiko penyakitian	
	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Syafiq			
3/30/2020	Pengujian kuat tekan, permability, resistivity, dan porositas	LMSG	Membeli alat APD dan sabun untuk mencegah penyakit	
		10.00-17.00		
3/30/2020	Belanja APD untuk mencegah penyakit corona serta membeli NaOH dan metasilika	Brataco		
		14.00-15.00		
3/30/2020	Melepas mold untuk pembuatan benda uji	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		15.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
3/31/2020	Memotong dan menguji benda uji untuk pengujian permeabilitas, kuat tekan, dan porositas (Ferdie 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%))	LMSG	<b>Kendala:</b>	
		08.00-17.00	Terlalu banyak beton yang diuji, sehingga alat permeabilitas perlu dikalibrasi beberapa kali	
	<b>Solusi:</b>			
	<b>Pelaksana:</b>		Kalibrasi alat permeabilitas	
	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Syafiq			
3/31/2020	Mencuci kerikil serta menjemur pasir dan kerikil	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		08.30-10.00	<b>Solusi:-</b>	
3/31/2020	Merendam benda uji 14M dalam larutan klorida	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		18.00-19.00	<b>Solusi:-</b>	
4/1/2020	Memotong beton dan uji permeabilitas, kuat tekan, dan porositas (Jihad NaOH 10M 1 SP 0%)	LMSG	<b>Kendala:</b>	
		08.00-11.00	permukaan bawah beton	
	<b>Solusi:</b>		Potong bagian atas beton untuk permeabilitas	
	<b>Pelaksana:</b>			
	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Syafiq			

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
4/1/2020	Membersihkan mold, grinding NaOH 14M 1 SP 1% (Atho) dan NaOH 14M 1,5 SP 2% (Nisar)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		11.00-15.00	<b>Solusi:-</b>	
4/1/2020	Menyiapkan agregat untuk pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		11.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
4/2/2020	Grinding NaOH 12M 1 SP 2% (Yosi), NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan), NaOH 12M 1 SP 1,5% (Ferdinand) dan NaOH 10M 2 SP 2% (Ian)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdin, Hermawan, Jihad, Ian, Syafiq		<b>Solusi:-</b>	
4/2/2020	Menyiapkan agregat untuk pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		15.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
4/2/2020	Uji resistivity dan kuat tekan NaOH 8M 1 SP 2% (Yosi)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		14.00-15.00	<b>Solusi:-</b>	
4/3/2020	Grinding NaOH 10M 1 SP 1% dan 1,5% (Jihad) dan NaOH 8M 2 SP 2% (Syafiq)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdin, Hermawan, Jihad, Ian, Syafiq		<b>Solusi:-</b>	
4/3/2020	Cor NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		13.00-15.00	<b>Solusi:-</b>	
4/3/2020	Memotong beton dan uji permeabilitas, kuat tekan, dan porositas (Hermawan NaOH 16M 1,5 SP 2% dan Ferdinand NaOH 12M 1 SP 0,5%)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		08.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
4/3/2020	Menyiapkan mold 10x20	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		13.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
4/4/2020	Grinding NaOH 10M 1 SP 1,5% (Atho) dan NaOH 14M 0,5 SP 2% (Nisar)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	08.00-15.00	<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Syafiq			
4/4/2020	Menyiapkan mold 10x20	LMSG 13.00-15.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
4/6/2020	Cor NaOH 12M 1 SP 2% (Yosi), NaOH 10M 1 SP 1% (Jihad), dan NaOH 14M 1 SP 1 (Atho)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	Slump 22,5	08.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
4/6/2020	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>	
4/6/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	08.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Syafiq			
4/7/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-13.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
4/7/2020	Cor NaOH 14M 2,5 SP 2% (Nisar) dan NaOH 14M 1 SP 1,5% (Atho)	LMSG	<b>Kendala:</b>	
		13.00-17.00	Terjadi kesalahan penimbangan material, sehingga beton segar tidak dapat tercampur saat dilakukan	
			<b>Solusi:</b> Beton ditambah dengan air lalu dijadikan sebagai plat untuk tempat mold	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
4/8/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	08.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Syafiq			
4/8/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		10.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	
4/8/2020	Cor NaOH 10M 1 SP 1,5% (Jihad) dan NaOH 8M 2 SP 2% (Syafiq)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		13.00-17.00	Molen mati ketika dilakukan pengecoran	
			<b>Solusi:-</b>	
4/8/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	08.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Syafiq			
4/8/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		10.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	
4/8/2020	Cor NaOH 10M 1 SP 1,5% (Jihad) dan NaOH 8M 2 SP 2% (Syafiq)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		13.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
4/8/2020	Membersihkan bola-bola baja	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		16.30-17.00	<b>Solusi:-</b>	
4/9/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	08.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq			
4/9/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		10.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
4/9/2020	Grinding NaOH 8M 1 SP 2% (Yosi), Cor NaOH 12M 1 SP 1,5% (Ferdj), Grinding dan Cor NaOH 14M 1 SP 1,5% (Nisar)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		13.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
4/9/2020	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	<b>Kendala:-</b>	
		13.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
4/9/2020	Membersihkan bola-bola baja	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		16.30-17.00	<b>Solusi:-</b>	
4/10/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>		<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Nisar, Atho, Ferdj, Hermawan, Ian, Syafiq	08.00-12.00		
4/10/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		10.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	
4/10/2020	Cor NaOH 8M 1 SP 2% (Yosi)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		13.00-15.00	<b>Solusi:-</b>	
4/11/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>		<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Nisar, Atho, Ferdj, Hermawan, Ian, Syafiq	08.00-12.00		
4/11/2020	Grinding NaOH 8M 2,5 SP 2% (Syafiq), NaOH 12M 1 SP 0,5% (Ferdj), dan NaOH 16M 1,5 SP 2% (Hermawan)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
			13.00-17.00	
			<b>Solusi:-</b>	
4/11/2020	Membersihkan bola-bola baja	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		16.30-17.00	<b>Solusi:-</b>	



Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
4/13/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf	08.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	
4/13/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		10.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	
4/13/2020	Cor NaOH 12M 1 SP 0,5% (Ferdie)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		13.00-15.00	<b>Solusi:-</b>	
4/13/2020	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	<b>Kendala:</b> pompa permeabilitas panas	
		13.00-17.00	<b>Solusi:</b> Pengujian dihentikan hingga pompa menjadi dingin	
4/14/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq,	08.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	
4/14/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		10.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	
4/14/2020	Grinding NaOH 14M 2 SP 2% (Nisar) dan NaOH 14M 1 SP 0% (Atho), Cor NaOH 8M 2,5 SP 2% (Syafiq)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		13.00-17.00	Alat grinding mati berkali-kali <b>Solusi:-</b>	
4/14/2020	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	<b>Kendala:</b> Alat pompa permeabilitas tidak bisa	
		13.00-17.00	<b>Solusi:</b> Service pompa	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi	
4/15/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>		
	<b>Pelaksana:</b>		<b>Solusi:-</b>		
	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf	08.00-12.00			
4/15/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG	<b>Kendala:-</b>		
		10.00-12.00	<b>Solusi:-</b>		
4/15/2020	Grinding dan Cor NaOH 12M 1 SP 0% (Ferdj), Cor NaOH 14M 2 SP 2% (Nisar)	LMSG	<b>Kendala:-</b>		
		13.00-17.00	<b>Solusi:-</b>		
4/15/2020	Uji kuat tekan dan resistivity (Jihad NaOH 10M 1,5 SP 2%)	LMSG	<b>Kendala:-</b>		
		15.00-17.00	<b>Solusi:-</b>		
4/16/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>		
	<b>Pelaksana:</b>		<b>Solusi:-</b>		
	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf	08.00-12.00			
4/16/2020	Mengayak agregat kasar dan menjemur agregat halus	LMSG	<b>Kendala:-</b>		
		10.00-12.00	<b>Solusi:-</b>		
4/16/2020	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	<b>Kendala:-</b>		
		13.00-17.00	Alat grinding mati berkali-kali		
			<b>Solusi:-</b>		
4/16/2020	Memotong beton dan uji kuat tekan serta resistivity (Nisar NaOH 14M 1,5 SP 2% dan Ferdi NaOH 12M 1 SP 1,5%)	LMSG	<b>Kendala:-</b>		
			13.00-17.00		Alat permeabilitas masih belum bisa
			<b>Solusi:-</b>		
4/17/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>		
	<b>Pelaksana:</b>		<b>Solusi:-</b>		
	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf	10.00-12.00			

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
4/17/2020	Mengayak agregat kasar dan menjemur agregat halus	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		10.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	
4/17/2020	Grinding NaOH 10M 1 SP 2% (Yosi) dan NaOH 8M 1,5 SP 2% (Syafiq), Cor NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		13.00-17.00	Alat grinding dan cor mati berkali-kali <b>Solusi:-</b>	
4/17/2020	Membersihkan bola-bola baja	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		16.30-17.00	<b>Solusi:-</b>	
4/18/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf	10.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	
4/18/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		10.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	
4/18/2020	Grinding NaOH 12M 1 SP 1% (Ferd), NaOH 14M 1 SP 0% (Atho), NaOH 10M 2,5 SP 2% (Ian), serta Cor NaOH 10M 1 SP 2% (Yosi)	LMSG	<b>Kendala:</b>	
		13.00-17.00	Kegiatan penelitian dimulai saat siang hari, sehingga selesai saat hari mulai gelap <b>Solusi:</b> Memulai kegiatan lebih pagi apabila banyak agenda	
4/20/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf	08.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
4/20/2020	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	<b>Kendala:-</b>	
		08.00-17.00	Alat grinding dan cor mati berkali-kali	
			<b>Solusi:-</b>	
4/20/2020	Uji permeabilitas, kuat tekan, dan resistivity (Atho NaOH 14 M 1 SP 1%)	LMSG	<b>Kendala:</b>	
		08.00-17.00	alat permeability masih belum bisa digunakan	
			<b>Solusi:</b> menunggu laporan dari pak wandi pada hari	
4/20/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		10.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	
4/20/2020	Membersihkan bola-bola baja	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		16.30-17.00	<b>Solusi:-</b>	
4/21/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq,	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		08.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	
4/21/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		10.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	
4/21/2020	Grinding NaOH 8M 1 SP 0% (Yosi), Cor NaOH 16M 1,5 SP 0% (Hermawan), Grinding 14M 1 SP 0,5% (Atho)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		08.00-17.00	Alat grinding dan cor mati berkali-kali	
			<b>Solusi:-</b>	
4/21/2020	Membersihkan bola-bola baja	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		16.30-17.00	<b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
4/21/2020	Memperbaiki pompa alat permeabilitas	LMSG	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
		13.00-14.00		
4/21/2020	Uji permeabilitas, kuat tekan, dan resistivity (Yosi NaOH 12M 1 SP 0% dan Atho NaOH 14M 1 SP 1,5%)	LMSG	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
		15.00-17.00		
4/22/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq,	LMSG	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
		08.00-12.00		
4/22/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
		10.00-12.00		
4/22/2020	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	<b>Kendala:-</b> Alat grinding dan cor mati berkali-kali <b>Solusi:-</b>	
		08.00-17.00		
4/22/2020	Uji permeability, kuat tekan, dan resistivity (Ferdie NaOH 12M 1 SP 0%)	LMSG	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
		15.00-17.00		
4/23/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran <b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf, Jihad	LMSG	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
		08.00-12.00		
4/23/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
		10.00-12.00		
4/23/2020	Grinding NaOH 10M 1 SP 0% (Jihad) dan NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan), Cor NaOH 14M 1 SP 0,5%)	LMSG	<b>Kendala:-</b> Alat grinding dan cor mati berkali-kali <b>Solusi:-</b>	
		10.00-17.00		

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
4/23/2020	Uji permeability, kuat tekan, resistivity dan porositas (Yosi NaOH 14M 1 SP 2% Ambient dan Chloride Curing)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		10.00-14.00	<b>Solusi:-</b>	
4/23/2020	Uji permeability, kuat tekan, dan resistivity (Ferdie NaOH 12M 1 SP 1,5% dan NaOH 12M 1 SP 0%)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		10.00-14.00	<b>Solusi:-</b>	
4/23/2020	Membersihkan bola-bola baja	LMSG 16.30-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
4/24/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf, Jihad	08.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	
4/24/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
4/24/2020	Grinding NaOH 10M 1 SP 0,5% (Jihad) dan Cor NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		10.00-17.00	Alat grinding dan cor mati berkali-kali <b>Solusi:-</b>	
4/24/2020	Membersihkan bola-bola baja	LMSG 16.30-17.00	<b>Kendala:-</b> <b>Solusi:-</b>	
4/25/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf, Jihad	08.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	
4/25/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		10.00-12.00	<b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
4/25/2020	Cor NaOH 10M 1 SP 0% (Jihad)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		12.00-14.00	<b>Solusi:-</b>	
4/25/2020	Uji permeability, kuat tekan, dan porosity (Yosi NaOH 10M 1 SP 2%)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		12.00-14.00	<b>Solusi:-</b>	
4/27/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad		<b>Solusi:-</b>	
4/27/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		14.00-15.00	<b>Solusi:-</b>	
4/27/2020	Cor NaOH 10M 1 SP 0,5% (Jihad)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		15.00-16.00	<b>Solusi:-</b>	
4/27/2020	Uji permeability, resistivity, kuat tekan, dan porosity (Ferdie NaOH 12M 1 SP 0,5% 7 hari, Ferdie NaOH 12M 1 SP 0,5% 14 hari, Ian NaOH 10M 2 SP 2% 14)	LMSG	<b>Kendala:</b>	
		15.00-17.00	Alat permeability susah untuk dikalibrasi	
			<b>Solusi:-</b>	
4/28/2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan porosity (Syafiq NaOH 8M 2,5 SP 2% 14 hari)	LMSG	<b>Kendala:</b>	
	<b>Pelaksana:</b> Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad		Alat permeability tidak bisa digunakan	
			<b>Solusi:-</b>	
4/28/2020	Uji setting time (Atho NaOH 14 M 1 SP 0%)	LMSG	<b>Kendala:</b>	
		12.00-17.00	semen geopolimer kurang halus, sehingga adonan beton cepat	
			<b>Solusi:</b> Dihaluskan menggunakan	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
4/29/2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan porosity (Jihad NaOH 10 M 1 SP 0% 56 hari, Ferdi NaOH 12M 1 SP 0% 14 hari, Atho NaOH 14M 1 SP 0% 7 hari, Nisar NaOH 14M 2 SP 2% 14 hari)	LMSG 12.00-17.00	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Solusi:-</b>			
	<b>Pelaksana:</b>			
	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad			
4/30/2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan porosity (Yosi NaOH 8M 1 SP 2% 56 hari, Hermawan NaOH 16M 2 SP 2% 14 dan 28 hari, Atho NaOH 14M 1 SP 0,5% 7 hari, Nisar NaOH 14M 2,5 56 hari)	LMSG 12.00-17.00	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Solusi:-</b>			
	<b>Pelaksana:</b>			
	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad			
5/1/2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan porosity (Yosi NaOH 10M 1 SP 2% 14 hari, Jihad NaOH 10M 1 SP 0% 7 hari, Hermawan NaOH 16M 2,5 SP 2% 7 hari, Hermawan NaOH 16M 1,5 SP 2% 56 hari, Ian NaOH 10M 1,5 SP	LMSG 12.00-17.00	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Solusi:-</b>			
	<b>Pelaksana:</b>			
	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad			
5/4/2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan porosity (Yosi NaOH 12M 1 SP 2% 28 hari, Jihad NaOH 10M 1 SP 0,5% 7 hari, Jihad NaOH 10M 1 SP 1% 28 hari, Ferdi NaOH 12M 1 SP 1% 14 hari, Atho NaOH 14M 1 SP 1% 28 hari)	LMSG 12.00-17.00	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Solusi:-</b>			
	<b>Pelaksana:</b>			
	Yosi, Jihad, Atho, Ferdi			



Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
5/5/2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan porosity (Atho NaOH 14M 1 SP 1,5% 28 hari)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	12.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
	Jihad, Atho			
5/6/2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan porosity (Syafiq NaOH 8M 2 SP 2% 28 hari, Jihad NaOH 10M 1 SP 1,5% 28 hari, Jihad NaOH 10M 1 SP 0,5% 56 hari, Ian NaOH 10M 2,5 SP 2% 14 hari, Atho NaOH 14M 1 SP 0% 14 hari, Nisar NaOH 14M 1,5 2% 28 hari)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		12.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
5/7/2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan UPV (Yosi NaOH 10M 1 SP 2% 56 hari, Ferdi NaOH 12M 1 sp 1,5% 28 hari, Atho NaOH 14M 1 SP 0,5% 14 hari, Atho NaOH 14M 1 SP	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	12.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad			
5/8/2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan UPV (Yosi NaOH 8M 1 SP 2% 28 hari, Jihad NaOH 10M 1 SP 0% 14 hari, Hermawan NaOH 16M 2,5 SP 2% 14 hari, Ferdi NaOH 12M 1 SP 1% 56 hari, Ian NaOH 10M 1,5 SP 2% 56	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	12.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad			

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
5/11/2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan porositas (Jihad NaOH 10M 1 SP 0,5% 14 hari, Syafiq NaOH 8M 2 SP 2% 56 hari)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	12.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
	Jihad, Syafiq			
5/12/2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan porositas (Syafiq NaOH 8M 2,5 SP 2% 28 hari, Atho NaOH 14M 1 SP 0% 28 hari)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	12.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
	Syafiq, Atho			
5/12/2020	Uji Setting time (Atho NaOH 14M SP 1,5%)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	08.00-17.00	<b>Solusi:-</b>		
5/14/2020	Uji UPV (Jihad NaOH 10M 1 SP 0% ; 1% ; 1,5% , Ferdi NaOH 12M 1 SP 0% ; 1% ; )	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	12.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Jihad, Ferdi			
5/14/2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan UPV (Yosi NaOH 14M 1 SP 2% 28 hari)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		12.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
5/18/2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan UPV (Yosi NaOH 10M 1 SP 2% 28 hari)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	12.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Jihad, Ferdi			
5/19/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b>	13.00-15.00	<b>Solusi:-</b>	
	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad			
5/19/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		15.00-16.00	<b>Solusi:-</b>	
5/19/2020	Cor NaOH 14M 1 SP 2% (Yosi)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		16.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan	Keterangan	Dokumentasi
		Waktu		
5/19/2020	Uji porositas (Yosi NaOH 8M 1 SP 2% 28 hari)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		15.00-16.00	<b>Solusi:-</b>	
5/20/2020	Uji UPV (Yosi NaOH 14M 1 SP 2% , Syafiq NaOH 8M 2,5 SP 0%)	LMSG	<b>Kendala:</b> Kabel UPV bermasalah	
	<b>Pelaksana:</b> Yosi, Hermawan, Atho,	14.00-17.00	<b>Solusi:</b>	
			Setting kabel UPV	
5/21/2020	Uji UPV dan kuat tekan (Yosi NaOH 8M 1 SP 0% 28	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
	<b>Pelaksana:</b> Yosi, Hermawan, Atho, Syafiq	14.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	
5/21/2020	Uji porositas (Yosi NaOH 10M 1 SP 2% 56 hari)	LMSG	<b>Kendala:-</b>	
		14.00-17.00	<b>Solusi:-</b>	

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BIODATA PENULIS



### **Nisar Rafii Ananta Muhammad**

Penulis lahir pada tanggal 2 Februari 1998 dan merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara, Penulis bernama lengkap Nisar Rafii Ananta Muhammad, merupakan lulusan dari SDN Kertajaya, SMPN 19, dan SMAN 14 Surabaya. Penulis merupakan mahasiswa dari D4 Teknologi Rekayasa Pengelolaan dan Pemeliharaan Bangunan Sipil tahun 2016. Total 8 semester dengan 144

sks telah dijalani hingga lulus dari D4 Teknologi Rekayasa Pengelolaan dan Pemeliharaan Bangunan Sipil. Penulis juga aktif dalam beberapa organisasi kampus seperti HMDS (Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil) sebagai staff Art and Sport Departement pada tahun 2017 - 2018, UKM Musik sebagai staff PSDM pada tahun 2017 – 2018, Ketua Department PSDM pada tahun 2018 – 2019. Selain aktif di organisasi kampus, penulis juga aktif dalam organisasi diluar kampus dengan bergabung sebagai pengurus di Paguyuban Cak dan Ning Surabaya sejak 2018. Selain itu penulis juga menorehkan prestasi non akademis skala institut, kota serta provinsi, seperti : Juara 1 lomba band se-provinsi liberty band festival 2018, Juara 3 lomba band se-provinsi dengan membawa nama HMDS tahun 2017, Juara 2 lomba seni (penampilan band) farewell party FTSP 2017, serta 15 besar finalis Cak dan Ning Surabaya 2018. Untuk keperluan Proyek Akhir Terapan ini bisa menghubungi penulis di email [nisarananta@gmail.com](mailto:nisarananta@gmail.com)