



TUGAS AKHIR TERAPAN - VC181819

**PENGARUH VARIASI RASIO SODIUM SILICATE
(Na_2SiO_3) DAN SODIUM HYDROXYDE (NaOH)
TERHADAP PERKEMBANGAN KUAT TEKAN
BETON GEOPOLYMER PADA USIA AWAL**

PRATISTA SEPTIAN ALFA RIZI
NRP 10111610013062

Dosen Pembimbing 1
Raden Buyung Anugraha A, S.T., M.T.
NIP. 19740203 200212 1 002

Dosen Pembimbing 2
Ridho Bayuaji, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19730710 199801 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 181819

**PENGARUH VARIASI RASIO SODIUM SILICATE
(Na_2SiO_3) DAN SODIUM HYDROXYDE (NaOH)
TERHADAP PERKEMBANGAN KUAT TEKAN BETON
GEOPOLYMER PADA USIA AWAL**

Disusun Oleh:

Pratista Septian Alfa Rizi
NRP. 10111610013062

Dosen Pembimbing I

Raden Buyung Anugraha A, ST., MT.
NIP. 197402032002121002

Dosen Pembimbing II

Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph. D.
NIP. 197307101998021002

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



APPLIED FINAL PROJECT - VC 181819

THE EFFECT OF SODIUM SILICATE (Na_2SiO_3) AND SODIUM HYDROXYDE (NaOH) RATIO VARIATIONS ON THE COMPRESSIVE STRENGTH DEVELOPMENT OF GEOPOLYMER CONCRETE IN EARLY AGE

Pratista Septian Alfa Rizi
NRP. 10111610013062

Supervisor I
Raden Buyung Anugraha A, ST., MT.
NIP. 197402032002121002

Supervisor II
Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph. D.
NIP. 197307101998021002

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 SODIUM SILICATE (Na₂SiO₃) DAN SODIUM HYDROXYDE (NaOH) TERHADAP PERKEMBANGAN KUAT TEKAN BETON GEOPOLYMER PADA USIA AWAL”

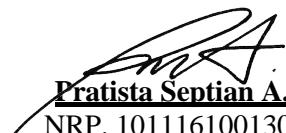
TUGAS AKHIR TERAPAN

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

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

Disusun oleh:

MAHASISWA



Pratista Septian A.R.
NRP. 10111610013062

Disetujui oleh:



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**“PENGARUH VARIASI RASIO SODIUM SILICATE
(Na₂SiO₃) DAN SODIUM HYDROXYDE (NaOH)
TERHADAP PERKEMBANGAN KUAT TEKAN
BETON GEOPOLYMER PADA USIA AWAL”**

Mahasiswa : Pratista Septian A.R
NRP : 10111610013062
Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil
Dosen Pembimbing I : Raden Buyung Anugraha A, ST., MT.
NIP : 197402032002121002
Dosen Pembimbing II : Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph. D.
NIP : 197307101998021002

ABSTRAK

Beton geopolimer merupakan inovasi dari beton konvensional dikarenakan lebih ramah terhadap lingkungan, karena tidak menggunakan semen. Dimana dalam proses pembuatan semen sendiri telah menghasilkan emisi berupa gas karbon dioksida (CO₂). *Fly ash* yang digunakan merupakan *fly ash* tipe C, dikarenakan *fly ash* tipe ini merupakan limbah dari PLTU yang banyak tersedia di Indonesia selain itu, *fly ash* tipe C memiliki kandungan CaO yang tinggi dibandingkan dengan *fly ash* tipe F. *Fly ash* akan dicampurkan dengan alkali aktivator dengan molaritas rendah untuk menekan biaya operasional.

Pada studi eksperimental ini difokuskan pada perkembangan kuat tekan beton geopolimer pada usia awal (*early high strength concrete*) dimana *early high strength concrete* dapat mempersingkat waktu pengerajan infrastruktur seperti jalan raya atau untuk perbaikan infrastruktur dengan metode *grouting*. Pada penelitian ini menggunakan perbandingan alkali aktivator berupa NaOH dan Na₂SiO₃ dengan

perbandingan 1:1,5; 1:2 dan 1: 2,5. Mix desain dari beton geopolimer ini merujuk pada penelitian “ A Mix Design Procedure For Alkali-Activated High-Calcium Fly Ash Concrete Cured At Ambient Temperature” oleh Tanakorn Phoongernkham. Beton geopolimer ini akan diuji dengan uji slump, uji kuat tekan, uji permeabilitas, uji porositas, uji pH dan uji resistivitas dan benda uji nantinya akan di uji pada saat umur 1 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin kecil perbandingan alkali aktivator akan semakin menambah nilai kuat tekan. Nilai slump pada variasi rasio 1:1,5 adalah 23 cm, pada variasi rasio 1:2 adalah 20 cm dan pada variasi rasio 1:2,5 adalah 10 cm. Nilai kuat tekan tertinggi ada pada variasi rasio 1:1,5 pada usia28 hari yaitu sebesar 22.3 MPa, pada variasi rasio 1:2 pada usia 28 hari memiliki nilai kuat tekan sebesar 9.7 MPa sedangkan pada variasi rasio 1:2,5 memiliki nilai kuat tekan sebesar 6.59 MPa pada usia 28 hari. Pada pengujian *resistivity*, variasi rasio 1:2,5 memiliki nilai resistivitas yang terlalu kecil sehingga tidak dapat dibaca oleh alat. Begitupun juga dengan variasi rasio 1:1,5 dan 1:2 pada usia 1 hari, 3 hari,7 hari dan 14 hari. Pada usia 28 hari, nilai resistivitas untuk variasi rasio 1:1,5 adalah sebesar 1,4 k Ω cm dan untuk variasi rasio 1:2 adalah sebesar 1,7 k Ω cm. Pada pengujian porosity menunjukkan semakin kecil variasi rasio semakin kecil nilai porosity yang berarti pori beton semakin rapat. Nilai porosity terkecil terdapat pada variasi rasio 1,5 yaitu sebesar 13.2% pada variasi rasio 1:2 sebesar 13.6% sedangkan padavariasi rasio 1:2,5 adalah 13.7% . Sehingga variasi rasio yang paling optimum adalah 1,5 dimana menunjukkan hasil paling baik pada semua pengujian.

Kata kunci : Beton Geopolimer, NaOH, Na₂SiO₃, Fly ash, Alkali aktivator

**“THE EFFECT OF SODIUM SILICATE (Na_2SiO_3)
AND SODIUM HYDROXYDE (NaOH) RATIO
VARIATIONS ON THE COMPRESSIVE STRENGTH
DEVELOPMENT OF GEOPOLYMER CONCRETE IN
EARLY AGE”**

Student's Name	: Pratista Septian A.R
NRP	: 10111610013062
Department	: Teknik Infrastruktur Sipil
Supervisor I	: Raden Buyung Anugraha A, ST., MT.
NIP	: 197402032002121002
Supervisor II	: Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph. D.
NIP	: 197307101998021002

ABSTRACT

Geopolymer concrete is an innovation from conventional concrete because it is more environmentally friendly, because it does not use cement. Where in the cement manufacturing process has produced emissions in the form of carbon dioxide gas (CO_2). Fly ash that used is type C fly ash, because this type of fly ash is a waste from thermal power station which is widely available in Indonesia. In addition, type C fly ash has a high CaO content compared to type F fly ash. Fly ash will be mixed with alkaline activators. with low molarity to reduce operating costs.

This experimental study focuses on the development of the compressive strength of geopolymer concrete at an early age (early high strength concrete) where early high strength concrete can shorten the construction time of infrastructure such as road with rigid pavement or for infrastructure improvements using the grouting method. In this study, alkaline activator that used is NaOH and Na_2SiO_3 with a ratio of 1: 1.5; 1: 2 and 1: 2.5. The mix design of geopolymer concrete refers to the research "A Mix

Design Procedure For Alkali-Activated High-Calcium Fly Ash Concrete Cured At Ambient Temperature" by Tanakorn Phoongernkham. This geopolymers concrete will be tested by slump test, compressive strength test, permeability test, porosity test, pH test and resistivity test and the sample will be tested at the age of 1 day, 3 days, 7 days, 14 days and 28 days.

From the results of this study indicate that the smaller the alkaline activator ratio will increasingly add to the compressive strength value. Slump value at 1: 1.5 ratio variation is 23 cm, at 1: 2 ratio variation is 20 cm and at 1: 2.5 ratio variation is 10 cm. The highest compressive strength value is at 1: 1.5 ratio variation at 28 days which is 22.3 MPa, at 1: 2 ratio variation at 28 days has a compressive strength value of 9.7 MPa while at 1: 2.5 ratio variation has a strong value press of 6.59 MPa at the age of 28 days. In resistivity testing, variations in the ratio of 1: 2.5 have a resistivity value that is too small that it cannot be read by the instrument. Likewise, the variation ratio is 1: 1.5 and 1: 2 at the age of 1 day, 3 days, 7 days and 14 days. At 28 days, the resistivity value for 1: 1.5 ratio variation is 1.4 k Ω cm and for 1: 2 ratio variation is 1.7 k Ω cm. Porosity testing shows that the smaller the variation of the ratio, the smaller the porosity value, which means the concrete pore is getting denser. The smallest porosity value is in the variation ratio of 1.5 that is equal to 13.2% in the variation ratio of 1: 2 by 13.6% while in the ratio of 1: 2.5 is 13.7%. So that the most optimum variation of the ratio is 1:1.5 which shows the best results in all tests.

Keywords : Geopolymer Concrete, NaOH, Na₂SiO₃, Fly ash, Alkali Activator

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayahnya kepada kami sehingga dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir dengan judul "**PENGARUH VARIASI RASIO SODIUM SILICATE (Na_2SiO_3) DAN SODIUM HYDROXYDE (NaOH) TERHADAP PERKEMBANGAN KUAT TEKAN BETON GEOPOLYMER PADA USIA AWAL**". Proposal Tugas Akhir ini merupakan syarat kelulusan pada mata kuliah Penulisan Laporan Teknik dalam menempuh studi D-IV Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS.

Penulis ucapkan terimakasih atas bimbingan, arahan, serta bantuan dari :

1. Allah SWT, yang telah memberikan kekuatan dan kelancaran bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini,
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan motivasi dan mendoakan,
3. Bapak Raden Buyung Anugraha A, ST., MT. dan Bapak Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph. D. selaku dosen pembimbing proposal Tugas Akhir,
4. Bapak dan ibu dosen Tim Penelitian Geopolimer yang telah membantu dalam proses pengerjaan Proposal Tugas Akhir ini,
5. Bapak M. Khoiri, ST., M.T, Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
6. Rekan-rekan Tim Penelitian Geopolimer, Yosi, Ferdi, Hermawan, Syafiq, Jihad, Nisar, Atho', Yusuf dan Ajie yang telah saling mendukung satu sama lain,
7. Rekan-rekan D-IV Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS, serta semua pihak yang membantu dalam menyelesaikan

Proposal Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun demi terciptanya hasil yang lebih baik.

Surabaya, 23 Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan.....	5
1.4. Manfaat.....	6
1.5. Batasan Masalah.....	6
1.6. Lokasi Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Umum.....	9
2.2. <i>Geopolymer</i>	9
2.3. <i>Fly Ash</i>	12
2.4. Alkali Aktivator.....	16
2.5. <i>Superplasticizer</i>	19
2.6. Early High Strength.....	20
2.7. Mix Desain	23
2.8. Pengujian.....	26
2.7.1. <i>Slump Tes</i>	26
2.7.2. Kuat Tekan	28

2.7.3.	<i>Permeability</i>	29
2.7.4.	<i>Resistivity</i>	30
2.7.5.	<i>pH</i>	31
2.7.6.	<i>Porosity</i>	32
BAB III METODOLOGI		34
3.1.	Umum.....	35
3.2.	<i>Flowchart</i>	35
3.3.	Studi Literatur.....	39
3.4.	Persiapan Material	40
3.5.	Mix Desain	43
3.6.	Pembuatan Benda Uji	49
3.7.	Perawatan Benda Uji	50
3.8.	Pengujian	50
3.8.1	Pengujian Kuat Tekan	50
3.8.2	Pengujian Permeability.....	51
3.8.3	Pengujian Slump.....	52
3.8.4	Pengujian Porositas.....	53
3.8.5	Pengujian <i>Resistivity</i>	53
3.9.	Analisa Data	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		55
4.1.	Umum.....	55
4.2.	Hasil Analisa Material.....	55
4.2.1.	Hasil uji XRF fly ash.....	55
4.2.2.	Hasil uji XRD fly ash	56
4.2.3.	Pengujian SEM-EDX	57

4.3.	Hasil Pengujian Beton Geopolimer	58
4.3.1.	Uji Slump	58
4.3.2.	Uji Permeability	59
4.3.3.	Uji Kuat Tekan	61
4.3.4.	Uji <i>Resistivity</i>	67
4.3.5.	Uji <i>Porosity</i>	68
4.4.	Korelasi Kuat Tekan dengan Workabilitas.....	70
4.5.	Korelasi Kuat Tekan dengan Resistivitas.....	72
4.6.	Korelasi Kuat Tekan dengan Permeabilitas	73
4.7.	Korelasi Kuat Tekan dengan Porositas.....	75
BAB V	<u>KESIMPULAN DAN SARAN</u>	77
5.1.	Kesimpulan.....	77
5.2.	Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA.....		81
BIODATA PENULIS.....		85
LAMPIRAN		87

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perbandingan kandungan pozzolan tipe F, C dan N	11
Gambar 2. 2 Fly ash	13
Gambar 2. 3 NaOH padatan	17
Gambar 2. 4 Na ₂ SiO ₃ padatan	19
Gambar 2. 5 Kurvaperbandingan kuat tekan dengan rasio AAS/FA	25
Gambar 3. 1 Flowchart 1.....	36
Gambar 3. 2 Flowchart 2.....	37
Gambar 3. 3 Flowchart 3.....	38
Gambar 3. 4 Flowchart 4.....	39
Gambar 3. 5 Kurva perbandingan kuat tekan dengan rasio AAS/FA....	45
Gambar 4. 1 Pola hasil uji XRD fly ash.....	57
Gambar 4. 2 Grafik perbandingan nilai slump.....	58
Gambar 4. 3 Grafik hasil uji kuat tekan variasi perbandingan 1:1,5	63
Gambar 4. 4 Grafik hasil uji kuat tekan variasi perbandingan 1:2	64
Gambar 4. 5 Grafik hasil uji kuat tekan variasi perbandingan 1:2,5	65
Gambar 4. 6 Grafik rekapitulasi kuat teakn semua variasi.....	66
Gambar 4. 7 Grafik hasil uji porosity	69
Gambar 4. 8 Grafik hubungan nilai kuat tekan 28 hari dengan nilai slump	71
Gambar 4. 9 Grafik hubungan nilai kuat tekan dengan nilai resistivitas	72
Gambar 4. 10 Grafik hubungan nilai kuat tekan dengan nilai permeabilitas.....	74
Gambar 4. 11 Grafik hubungan nilai kuat tekan dengan nilai porositas	75

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kandungan Fly ash tipe C dan tipe F	14
Tabel 2. 2 Referensi periode usia muda	21
Tabel 2. 3 Perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur, mengacu pada PBI 1971 Tabel 4.1.4	21
Tabel 2. 4 Perbandingan rasio kuat tekan beton menurut Parrot dan Carrasquillo,Nilson,and Slate	22
Tabel 2. 5 Kadar air maksimum dan persentase udara per kubik	24
Tabel 2. 6 Tabel nilai slump.....	28
Tabel 2. 7 Nilai indeks uji permeability	30
Tabel 2. 8 Klasifikasi pengujian resistivity	31
Tabel 2. 9 Derajat korosi beton	31
Tabel 3. 1 hasil analisa ayakan.....	43
Tabel 3. 2 Kadar air maksimum dan persentase udara per kubik	44
Tabel 3. 3 Rekapitulasi perhitungan.....	47
Tabel 3. 4 Indeks klasifikasi permeabilitas beton	52
Tabel 3. 5 Tabel nilai slump.....	53
Tabel 3. 6 Klasifikasi pengujian beton.....	54
Tabel 3. 7 Derajat korosi beton	54
Tabel 4. 1 Hasil uji XRF fly ash	56
Tabel 4. 2 Hasil uji XRF dengan parameter ASTM C618-12.....	56
Tabel 4. 3 Hasil uji XRD fly ash.....	57
Tabel 4. 4 Tabel hasil uji slump	58
Tabel 4. 5 Hasil uji permeability variasi perbandingan 1:1,5	59
Tabel 4. 6 Hasil uji permeability variasi perbandingan 1:2.....	60
Tabel 4. 7 Hasil uji permeability variasi perbandingan 1:2,5	60
Tabel 4. 8 Hasil uji kuat tekan variasi perbandingan 1:1,5	61
Tabel 4. 9 Hasil uji kuat tekan variasi perbandingan 1:2	62
Tabel 4. 10 Hasil uji kuat tekan variasi perbandingan 1:2,5	62
Tabel 4. 11 Rekapitulasi rata-rata kuat tekan semua variasi	66
Tabel 4. 12 Hasil konversi perkembangan kuat tekan beton di usia muda.....	67
Tabel 4. 13 Hasil uji resistivity umur28 hari.....	68
Tabel 4. 14 Hasil uji porosity	69
Tabel 4. 15 Rekapitulasi nilai kuat tekan rata-rata umur 28 hari dengan nilai slump	70

Tabel 4. 16 Rekapitulasi nilai kuat tekan rata-rata umur 28 hari dengan nilai resistivitas	72
Tabel 4. 17 Rekapitulasi nilai kuat tekan rata-rata umur 7 hari dengan nilai permeabilitas	73
Tabel 4. 18 Rekapitulasi nilai kuat tekan rata-rata umur 28 hari dengan nilai porositas	75
Tabel 5. 1 Rangkuman mix design beton geopolimer tiap 1m ³	77

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Infrastruktur merupakan bagian terpenting dalam perkembangan sebuah negara. Salah satu infrastruktur yang gencar dibangun di Indonesia adalah gedung, dimana kebanyakan gedung masih menggunakan struktur beton bertulang. Beton yang digunakan merupakan beton konvensional yang terdiri atas agregat kasar, agregat halus dan pasta, dimana pasta adalah campuran antara air dengan semen. Proses pembuatan beton konvensional membutuhkan waktu yang cukup lama dibandingkan dengan material lainnya. Pengecoran dilakukan minimal dalam waktu satu hari yang kemudian harus menunggu beton berumur 7 hari yang kemudian bekisting dapat dibongkar dan dilakukan pekerjaan selanjutnya. Lamanya waktu proses pengerjaan ini dan menunggu kekuatan beton di batas aman untuk lakukan pengerjaan berikutnya membuat seringkali proyek konstruksi lebih lama masa pengerjaannya. Melalui permasalahan tersebut, dilakukanlah analisis variasi campuran beton dengan tujuan untuk menghasilkan beton dengan kekuatan di awal yang cukup tinggi (*early high strength concrete*) dengan harapan, dapat membantu percepatan pengerjaan proyek konstruksi yang bermaterial dasar dari beton, seperti jalan raya yang menggunakan *rigid pavement* atau untuk perbaikan infrastruktur dengan metode *grouting*. Menghasilkan beton dengan kekuatan awal tinggi dapat mempercepat proses selesainya proyek pembangunan.

Early high strength concrete belum memiliki standar yang pasti, namun pada umumnya *early high strength concrete* mencapai kuat tekan 75%-80% pada umur 7 hari.

PARROTT LJ, 1969 mengatakan bahwa *early high strength concrete* sudah mencapai kekuatan 80%-90% pada usia 7 hari, dimana beton mencapai kuat tekan 100% pada usia 28 hari. Sedangkan Carrasquillo, Nilson, & Slate, 1981; Carrasquillo, Slate, & Nilson, 1981; berpendapat bahwa *early high strength concrete* mencapai kekuatan 73% pada usia 7 hari, dimana beton mencapai kuat tekan 100% di usia 95 hari. Pada penelitian ini menganalisis kuat tekan beton pada umur 1 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

Pada tahun 2018 tercatat konsumsi semen di Indonesia sebesar 49.76 juta ton dan akan semakin naik seiring dengan kebutuhan peningkatan infrastruktur. Hal ini berdampak buruk pada lingkungan karena, dalam produksi semen dapat menghasilkan limbah pencemaran udara berupa karbon dioksida (CO_2) yang dapat mencemari lingkungan dan menimbulkan efek rumah kaca. Dalam satu ton produksi semen portland akan dihasilkan sekitar satu ton gas karbon dioksida yang dilepaskan ke atmosfer (Darma,2018). Hal ini dapat menambah efek buruk yang dapat merusak lingkungan hidup, karena hal inilah perlu adanya bahan pengganti semen portland agar dapat mengurangi efek buruk terhadap lingkungan.

Karena alasan tersebut maka digunakanlah material alami pengganti semen portland, yaitu material alami yang banyak mengandung oksida silika dan alumina. Material alam tersebut dapat mengganti sebagian atau seluruhnya penggunaan semen dalam beton dengan menggunakan teknologi geopolimer. Para ahli berusaha mencari material pengganti semen portland salah satunya

yaitu dengan menggunakan campuran bahan alumina silika dengan alkali aktivator melalui proses geopolimerisasi, sehingga menghasilkan campuran geopolimer. Istilah geopolimer pertama kali diperkenalkan seorang ilmuwan asal perancis yaitu Professor Davidovits melalui jurnalnya pada tahun 1979.

Kandungan oksida silika dan alumina tinggi dapat ditemukan pada material alam *fly ash*. Dimana *fly ash* merupakan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) sisa pembakaran batu bara yang susah untuk penanganannya. Selain itu saat ini *fly ash* cukup banyak menumpuk, dikarenakan PLTU kesulitan dalam penanganannya. Namun saat ini lebih banyak digunakan *fly ash* tipe C daripada tipe F, dikarenakan *fly ash* tipe C merupakan *high-calcium fly ash*, dimana mengandung CaO yang cukup tinggi sehingga memiliki sifat *cementitious* menurut ASTM C 618(Specification 2000). Sedangkan *fly ash* tipe F mengandung sedikit CaO sehingga tidak memiliki sifat *cementitious*. *Fly ash* dapat menggantikan sebagian bahkan seluruhnya penggunaan semen dalam beton dengan menggunakan teknologi geopolimer.

Sebagai pengganti semen maka digunakan *fly ash* yang dicampurkan dengan Na_2SiO_3 dan NaOH. *Fly ash* dari hasil pembakaran batubara digunakan sebagai sumber material untuk membuat *binder* yang dibutuhkan dalam campuran beton. Beton geopolimer ini terbentuk dari reaksi kimia dan bukan dari reaksi hidrasi seperti pada beton biasa (Davidovits,1999). Oleh karena itu, jenis aktifator yang digunakan juga harus sesuai dengan senyawa yang terkandung dalam *fly ash* dan juga

komposisinya harus tepat sehingga bisa terjadi reaksi kimia yang dapat menghasilkan campuran yang tepat. Aktifator yang umumnya digunakan adalah natrium hidroksida 8M sampai 14M dan natrium silikat (Na_2SiO_3). Material *fly ash* dalam pembuatan beton dapat bereaksi secara kimia dengan cairan kimia pada temperatur tertentu untuk material campuran yang bersifat seperti semen.

Kadar CaO yang tinggi pada *fly ash* dapat menghasilkan kuat tekan yang tinggi, hal tersebut disebabkan karena selain mengalami proses polimerisasi, *fly ash* juga mengalami reaksi hidrasi. Namun, karena kadar CaO yang terkandung dalam *fly ash* cukup tinggi, maka *fly ash* mempengaruhi *setting time* pada beton berlangsung cukup singkat, sehingga berpengaruh pada *workability* beton apabila dikerjakan pada skala besar. Untuk mengatasi waktu ikat yang cepat tersebut dapat ditambahkan dengan bahan admixture yaitu *superplasticizer* (sukrosa) yang berbentuk serbuk gula halus (Assi, Deaver, and Ziehl 2018).

Dalam pembuatan beton geopolimer, selain *fly ash* yang digunakan sebagai konten pengikat pengganti semen juga digunakan larutan alkali activator berupa sodium silikat (Na_2SiO_3) dan sodium hidroksida (NaOH). Pada penelitian ini digunakan *alkali activator* dengan molaritas rendah yaitu NaOH 10 M, dimana dalam geopolymers konsentrasi larutan NaOH berkisar antara 8 M hingga 16 M (Rangan dkk, 2016). Penggunaan molaritas rendah tentunya agar dapat menekan biaya operasional, dikarenakan bahan kimia yang digunakan lebih sedikit daripada molaritas tinggi. Sodium silikat (Na_2SiO_3) berperan dalam percepatan reaksi

polimerisasi. Sedangkan sodium hidroksida (NaOH) berperan dalam pengikatan antar partikel (Paramita, 2014). Akali aktivator harus memiliki komposisi perbandingan yang sesuai agar mendapatkan kuat tekan beton yang optimum. Rasio sodium silikat terhadap sodium hidroksida yang direncanakan adalah 1:1,5; 1:2; dan 1:2,5. Rasio *fly ash* terhadap alkali aktivator dan rasio sodium silikat terhadap NaOH menunjukkan parameter yang mempengaruhi kekuatan geopolimer (Hardjito dkk, 2004). Alkali activator berfungsi sebagai salah satu bahan pengikat unsur aluminium dan silikat yang terkandung dalam *fly ash*. Polimerisasi akan berlangsung cepat apabila larutan sodium silikat yang digunakan banyak. Namun hal ini mengakibatkan penurunan kekuatan beton itu sendiri dikarenakan adanya retakan antar mikrostruktur (Skavara et al., 2006).

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan pokok yang akan dibahas pada penelitian ini adalah tentang perkembangan kuat tekan beton geopolimer. Pada saat ini kebanyakan beton normal baru memiliki kuat tekan yang stabil ketika berumur 28 hari, jadi sebelum beton mencapai umur 28 hari beton masih belum bisa dibebani sesuai dengan kuat tekan rencana. Adanya tuntutan waktu terhadap progress pelaksanaan proyek seringkali memaksa agar beton mencapai kuat tekan optimalnya lebih cepat dari beton normal. Sehingga dengan mempersingkat umur beton untuk mencapai kuat tekan optimalnya dapat mempersingkat waktu untuk menyelesaikan sebuah konstruksi bangunan.

1.3. Tujuan

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Membuat *mix design* beton geopolimer dengan variasi

rasio 1:1,5; 1:2 dan 1:2,5 dengan kadar NaOH 10M dan dengan penambahan *superplasticizer* 2%.

2. Membuat beton geopolimer kuat tekan tinggi di usia muda dengan target kuat tekan 35 MPa pada usia 28 hari.
3. Melakukan pengujian untuk mengetahui properties masing-masing variasi.
4. Mengetahui variasi yang mempunyai kuat tekan awal paling tinggi.

1.4. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan *mix design* beton geopolimer dengan variasi rasio 1:1,5; 1:2 dan 1:2,5 dengan kadar NaOH 10M dan dengan penambahan *superplasticizer* 2%.
2. Mendapatkan beton geopolimer kuat tekan tinggi di usia muda dengan target kuat tekan 35 MPa pada usia 28 hari.
3. Mendapatkan properties masing-masing variasi lewat beberapa pengujian
4. Mendapatkan variasi yang mempunyai kuat tekan awal paling tinggi

1.5. Batasan Masalah

Penulis membatasi masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini, yaitu :

1. *Fly ash* yang digunakan dalam penelitian berasal dari PLTU Paiton Probolinggo dan merupakan *fly ash* tipe C.
2. Perbandingan alkali aktivator massa antara sodium silikat (Na_2SiO_3) dengan sodium hidroksida (NaOH) adalah sebesar 1,5; 2; dan 2,5.
3. Superplasticizer yang digunakan adalah sukrosa berupa gula halus dengan merek “EDNA”.

4. Uji standar yang digunakan adalah tes slump, kuat tekan, permeability, porosity, resistivity dan pH.
5. Pengujian dilakukan pada saat beton umur 1 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari.
6. *Mix design* merujuk pada Phoo-Ngernkham, T., Phiangphimai, C., Damrongwiriyayanupap, N., Hanjitsuwan, S., Thumrongvut, J., & Chindaprasirt, P. (2018). A Mix Design Procedure for Alkali-Activated High-Calcium Fly Ash Concrete Cured at Ambient Temperature. Advances in Materials Science and Engineering, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/2460403>

1.6. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Material dan Struktur Gedung (LMSG), Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi – ITS Surabaya yang berada di Kampus ITS Manyar, Jalan Raya Menur no. 127 Surabaya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Secara umum pada bab ini akan menjelaskan penggunaan *fly ash* pada beton *geopolymer*. Meliputi diantaranya kandungan material yang terdapat pada *fly ash*, sifat-sifat *fly ash*, pengaruh alkali aktivator bagi campuran beton *geopolymer* serta pengujian yang dilakukan.

2.2. *Geopolymer*

Geopolimer merupakan sintesa bahan-bahan alam nonorganik lewat proses polimerisasi. Bahan dasar utama yang diperlukan untuk pembuatan material geopolimer ini adalah bahan-bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silika dan aluminium. Unsur-unsur ini banyak didapati, di antaranya pada material buangan hasil sampingan industri, seperti misalnya abu terbang dari sisa pembakaran batu bara. Abu terbang sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh abu terbang akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. Bahan Penyusun *Geopolymer* adalah pozzolan dan aktivator, kedua bahan tadi akan bersintesa membentuk material padat dimana proses polimerisasinya yang terjadi adalah diikuti dengan proses polikondensasi.

- **Pozzolan**

Pozzolan merupakan bahan yang mengandung senyawa silika atau silika alumina. Jika dicampur air, maka pozzolan tersebut akan membentuk kalsium

hidroksida. Pozzolan terbagi menjadi tiga kelas, yaitu:

Kelas N : Merupakan pozzolan alam atau pozzolan hasil pembakaran, contohnya tanah diatomik, opalin, dan abu vulkanik.

Kelas C : Berupa abu terbang (fly ash) yang mengandung CaO di atas 10% hasil pembakaran lignit atau sub bitumen batubara

Kelas F : Berupa fly ash yang dihasilkan dari pembakaran batubara.

Summary – ASTM C-618, Pozzolan

Chemical		F	C	N
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	min %	70	50	70
SO ₃	max %	5	5	4
Moisture Content	max %	3	3	3
Loss on Ignition	max %	6	6	10

Optional Chemical				
Available Alkalies	max %	1.5	1.5	1.5

Physical				
Fineness + 325 Mesh	max %	34	34	34
Strength Activity/Cem.	min %	75	75	75
Water Requirement	max %	105	105	115
Autoclave Expansion	max %	0.8	0.8	0.8
<i>Uniformity Requirements</i>				
Density Max. Var.	max %	5	5	5
Fineness Points Var.	max %	5	5	5

Optional Physical				
Multiple factor		225	-	-
Inc. In Drying Shrinkage	max %	0.03	0.03	0.03
<i>Uniformity Requirements</i>				
A.E. Admixture Demand	max %	20	20	20
<i>Control of ASR</i>				
Expansion, % of low alkali cement	max %	100	100	100
<i>Sulfate Resistance</i>				
Moderate exposure, 6 months	max %	0.10	0.10	0.10
High exposure, 6 months	max %	0.05	0.05	0.05

Gambar 2. 1 Perbandingan kandungan pozzolan tipe F, C dan N

Pozzolan ada yang bersifat alami dan buatan. Pozzolan alami berasal dari sedimentasi dari abu lava gunung berapi yang mengandung silika aktif. Pozzolan buatan berasal dari sisa pembakaran tungku maupun hasil pemanfaatan limbah yang diolah menjadi abu melalui proses pembakaran. Salah satu jenis pozolan alam yang

sering digunakan adalah bentonit.

- Alkali Aktivator

Alakli aktivator dibutuhkan untuk reaksi disolusi dan polimerisasi monomer alumina dan silika. Alkali aktivator yang digunakan dalam studi beton geopolymmer terdiri atas campuran NaOH dan Na₂SiO₃. NaoH berperan mereaksikan senyawa Al dan Si dalam fly ash sehingga mampu menghasilkan ikatan polimer yang kuat. (Ahmad & Hidjan, 2012).

Na₂SiO₃ atau biasa dikenal dengan sodium silikat merupakan salah satu larutan alkali yang berperan penting dalam proses polimerisasi karena mampu mempercepat reaksi polimerisasi (Ahmad & Hidjan, 2012).

2.3. Fly Ash

Fly Ash merupakan sisa dari hasil pembakaran batu bara pada pembangkit listrik. Abu terbang mempunyai titik lebur sekitar 1300 °C dan mempunyai kerapatan massa (densitas), antara 2.0 – 2.5 g/cm³. Abu terbang adalah salah satu residu yang dihasilkan dalam pembakaran dan terdiri dari partikel-partikel halus. Abu yang tidak naik disebut *bottom ash*.



Gambar 2. 2 Fly ash

Dalam dunia industri, abu terbang biasanya mengacu pada abu yang dihasilkan selama pembakaran batu bara. Abu terbang umumnya ditangkap oleh pengendap elektrostatik atau peralatan filtrasi partikel lain sebelum gas buang mencapai cerobong asap batu bara pembangkit listrik, dan bersama-sama dengan *bottom ash* dikeluarkan dari bagian bawah tungku dalam hal ini bersama-sama dikenal sebagai abu batu bara. Tergantung pada sumber dan tampilan batu bara yang dibakar, komponen abu terbang bervariasi, tetapi semua abu terbang termasuk sejumlah besar silikon dioksida (SiO_2) (baik amorf dan kristal) dan kalsium oksida (CaO), kedua bahan endemik yang di banyak terdapat dalam lapisan batuan batu bara.

Di masa lalu, abu terbang pada umumnya dilepaskan ke atmosfer, tetapi sekarang disyaratkan harus ditangkap sebelum dirilis. Di Amerika Serikat, abu terbang umumnya disimpan di pembangkit listrik batu bara atau ditempatkan di tempat pembuangan sampah. Sekitar 43% didaur ulang, sering digunakan untuk melengkapi semen dalam produksi beton.

Dalam beberapa kasus, seperti pembakaran limbah padat untuk menciptakan listrik (fasilitas "resource recovery" atau konversi limbah-ke-energi), abu terbang dapat mengandung kontaminan dari *bottom ash* berkadar tinggi serta pencampuran abu terbang dan *bottom ash* bersama-sama

membawa tingkat proporsional kontaminan dalam jangkauan untuk memenuhi syarat sebagai limbah tidak berbahaya dalam keadaan tertentu, sedangkan bila tidak dicampur, abu terbang akan berada dalam jangkauan untuk memenuhi syarat sebagai limbah berbahaya.

Tabel 2. 1 Kandungan Fly ash tipe C dan tipe F

COMPOUND		F	C
Chemical			
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	min %	70	50
SO ₃	max %	5	5
Moisture Content	max %	3	3
Loss of Ignition	max %	6	6
Physical			
Available Alkalies	max %	1.5	1.5
Finesses + 325 Mesh	max %	34	34
Strength Activity	min %	75	75
Water Requirement	max %	105	105
Uniformity			
Density	max %	5	5
Retained on 45- μm No. 325)	max %	5	5

Menurut ASTM C618 fly ash dapat dikategorikan ke dalam 2 kelas berdasarkan jenis bahan bakar yang digunakan yaitu :

- Kelas F : Fly ash yang mengandung CaO < 10 %, yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis *anthracite* atau *bitumen*.
- Kelas C : Fly ash yang mengandung CaO >10% yang dihasilkan dari pembakaran batu bara jenis *lignite* atau *sub bitumen*.

2.3.1. Sifat Fly Ash

Sifat-sifat abu terbang (fly ash) akan mempengaruhi semua aspek dari sifat campuran beton, baik beton segar, beton yang telah mengeras, maupun pada proporsi campuran beton. Sifat-sifat abu terbang, yaitu :

1. Memperbaiki sifat penggerjaan (workability)
Dengan adanya abu terbang yang memiliki butiran bulat dan halus akan menguntungkan terhadap workabilitas dari campuran beton karena dapat bergerak lebih bebas dan partikel halus dapat memasuki rongga-rongga antar butiran, sehingga campuran beton menjadi lebih plastis dan kohesinya lebih baik.
2. Meningkatkan ketahanan beton (durability)
Sifat pozzolan yang dimiliki abu terbang akan bereaksi dengan Ca(OH) , yang bebas dan larut dalam air pada waktu hidrasi semen dan membentuk Kalsium Silikat dan Kalsium Aluminat Hidrat yang sangat membantu ketahanan beton.
3. Meningkatkan kerapatan beton
Ruang-ruang yang ditinggalkan larutan Ca(OH) , yang hilang bersama air dalam proses pengeringan terisi oleh Kalsium Silikat dan Kalsium Aluminat Hidrat maka kerapatan beton menjadi lebih baik.
4. Menurunkan panas hidrasi
Reaksi kimia antara abu terbang dengan kapur jauh lebih lambat dari proses hidrasi,

sehingga akan menghasilkan perubahan panas yang lebih lambat pula dan akhirnya akan mengurangi derajat panas yang terjadi selama hidrasi.

5. Menurunkan kerusakan akibat sulfat

Bersamaan dengan meningkatnya kerapatan dan kepadatan beton dengan abu terbang, maka ketahanan terhadap serangan sulfat lebih kuat daripada beton tanpa abu terbang.

6. Mengurangi penyusutan

Rendahnya ketegangan dalam beton karena lambatnya perkembangan temperatur dan rendahnya derajat panas hidrasi, akan menurunkan penyusutan pada tahap pengeringan.

7. Menurunkan bleding dan segregasi

Disebabkan butiran yang halus akan menghalangi kecendrungan dari campuran beton untuk bleding dan segregasi.

2.4. Alkali Aktivator

Alkali aktivator yang digunakan dalam studi beton *geopolymer* terdiri atas campuran NaOH dan Na₂SiO₃. NaOH berperan mereaksikan senyawa Al dan Si dalam *fly ash* sehingga mampu menghasilkan ikatan polimer yang kuat. (Ahmad & Hidjan, 2012).

Na₂SiO₃ atau biasa dikenal dengan sodium silikat merupakan salah satu larutan alkali yang berperan penting dalam proses polimerisasi karena mampu mempercepat reaksi polimerisasi (Ahmad & Hidjan, 2012).

Pada studi terdahulu mengenai beton *geopolymer* dihasilkan sejumlah data terkait kekuatan tekan dari beton *geopolymer*. Kekuatan tekan yang dihasilkan dipengaruhi juga oleh tingkat molaritas aktuator.

1. Sodium Hidroksida

NaOH merupakan salah satu jenis alkali hidroksida yang digunakan dalam suatu bahan pengikat geopolimer. Selain NaOH terdapat Kalsium Hidroksida (KOH). Namun, KOH memiliki harga yang lebih mahal dibandingkan NaOH. Natrium hidroksida biasa dikomersilkan dalam bentuk flake (padat) dengan tingkat asai 97-99% (Criado; Jimenez dan Palomo, 2010).



Gambar 2. 3 NaOH padatan

Material tersebut bersifat sangat hidroskopis, apabila NaOH dibiarkan terbuka dan terkontak langsung dengan udara, maka NaOH akan menyerap air yang terkandung di udara dan membuatnya seperti meleleh (Caustic Soda, JSIA, 2006). Dalam penggunaanya sebagai material penyusun bahan pengikat geopolimer, kebanyakan disiapkan secara tertutup, lalu ditimbang, dan segera dikonsentrasiakan menjadi suatu larutan

sesuai molar yang didesain, dan di tempatkan disuatu botol tertutup. Hal tersebut disebabkan oleh tidak stabilnya massa NaOH karena sifat higroskopisnya jika tidak segera di larutkan (Standarization of sodium silicate-Macalester, 2004).

2. Sodium Silikat

Na_2SiO_3 biasanya diperjual belikan dalam wujud cair atau larutan atau biasa disebut *Water glassss*. Alkali Silikat harus dikombinasikan dengan alkali hidroksida, dikarenakan sifat reaksinya yang perlahan, sehingga kekuatan bahan pengikat geopolimer menjadi lebih rendah (Criado etal, 2010; palomo et al1999). Begitu juga sebaliknya, apabila larutan hidroksida saja yang digunakan, maka mutu yang dicapai lebih rendah jika dibandingkan dengan kombinasi keduanya yang dapat mencapai mutu kuat tekan 40 – 90 MPa (Nez dan Palomo, 2003; Fernandez, Jimenez dan Palomo, 2005). Tujuan penambahan sodium silikat adalah meningkatkan pembentukan proses geopolimerisasi.



Gambar 2. 4 Na₂SiO₃ padatan

Material tersebut juga bersifat higroskopis, namun masih lebih sensitif NaOH (Metso Sodium Metasilikate- PQ Corporation, 2009). Oleh karena itu kebanyakan dipakai dalam bentuk liquid yang dikenal dengan *water glass*. Selain itu, terdapat pendapat bahwa penggunaan alkali silikat dalam wujud padat akan mengurangi kekuatan pada bahan pengikat geopolimer dibanding menggunakan alkali dalam bentuk larutan (S-D Wang, Scrivener dan Pratt, 1994).

2.5. Superplasticizer

Superplasticizer merupakan salah satu bahan *admixture* yang digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran beton geopolimer. *Admixture* merupakan bahan tambahan yang digunakan dalam pembuatan beton dengan tujuan memperbaiki dan menambah sifat beton sesuai dengan kebutuhan. *Admixture* dapat merubah sifat beton, antara lain : mutu, *workability*, *performance* dan *durability*. Penambahan

superplasticizer pada beton geopolimer bertujuan untuk mengurangi kadar air namun tetap mempertahankan *workability* dan *durability*.

Kandungan sukrosa 0,03 % - 0,15 % dari berat semen akan memperlambat waktu pengikatan semen pada beton. Kekuatan selama 7 hari menurun dan selama 28 hari kekuatan meningkat. Kandungan gula 0,25 % atau lebih menyebabkan pengikatan yang sangat cepat dan menyebabkan menurunnya kekuatan pada umur 28 hari. Setiap jenis gula mempengaruhi waktu pengikatan dan kekuatan secara berbeda-beda. Kandungan gula kurang dari 500 ml tiap liter air tidak akan langsung mempengaruhi kekuatan tapi bila melebihi jumlah tersebut harus diuji lebih lanjut lamanya waktu pengikatan dan kekuatan. Beberapa material berfungsi sebagai (retarder) pada dosis tertentu berfungsi sebagai (accelerator) pada dosis lain. (Jayakumaran, 2005).

Penggunaan *superplasticizer* yang efektif berada pada angka 0.8% sampai 2% dari jumlah bahan pengikat yang dimana bahan pengikat disini berupa *fly ash* (Hardjito dkk). Dalam penelitian ini digunakan *superplasticizer* sukrosa dengan kadar 2%.

2.6. Early High Strength

Early age atau usia muda pada beton belum memiliki pemahaman yang pasti. Pemahaman mendasar tentang *early age* pada beton belum pasti dikarenakan belum ada definisi yang disepakati tentang usia muda pada beton, namun pada umumnya *early age* ditinjau hanya beberapa jam atau hari pertama setelah beton dicor. Tidak ada definisi yang disepakati tentang periode usia awal untuk beton, bahwa usia awal itu tergantung pada aspek yang diselidiki.

Dengan kata lain, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai sebuah tingkat tertentu dari aspek yang diinginkan dianggap

sebagai usia dini (Mehta dan Monteiro, 2006).

Tabel 2. 2 Referensi periode usia muda

Early-age period	Field of study	Reference.
First 1-2 days	Concrete properties	(Mehta and Monteiro, 2006)
Up to 48 hrs	Concrete properties	(RILEM, 1981)
4 days after casting	Strength	(Kahouadji <i>et al.</i> , 1997)
24 hrs after placing concrete	Shrinkage	(Holt, 2001, Wongtanakitcharoen and Naaman, 2007)
	Shrinkage and creep	(Brooks and Megat-Johari, 2001)
	Creep and relaxation	(Holt and Leivo, 2004)
5 days after casting	Shrinkage and creep	(Altoubat, 2002)
	Creep	(Østergaard <i>et al.</i> , 2001)
3 days after placing concrete	Strength	(Khan, 1995, Oluokun <i>et al.</i> , 1991)
Up to 7 days after casting	Shrinkage	(Nassif <i>et al.</i> , 2003)
	Strength	(Kovler <i>et al.</i> , 1999)
	Creep and relaxation	(Pane and Hansen, 2002)
	Creep	(Bissonnette and Pigeon, 1995)

Umumnya, usia awal adalah beberapa jam atau hari pertama setelah pengecoran betondicirikan oleh dua proses utama: *setting* (penurunan fluiditas secara bertahap) dan *hardening* (penambahan kekuatan) (Nehdi & Soliman, 2011).

PBI 1971 telah mencantumkan tabel perkembangan kuat tekan beton normal dengan beton kuat tekan tinggi pada umur tertentu. Tabel konversi *early high strength* dapat dilihat pada PBI 1971 bagian 3 pelaksanaan Bab 4 Pekerjaan beton 4.1 umum (4) Tabel 4.1.4

Tabel 2. 3 Perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur, mengacu pada PBI 1971 Tabel 4.1.4

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
SemenPortland biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

Menurut ACI 363R-92 *early high strength concrete* menunjukkan pertumbuhan tingkat kuat tekan pada usia dini

dibandingkan dengan beton biasa, tetapi pada usia selanjutnya perbedaannya tidak signifikan(ACI Committee 363, 1997).

Tabel 2. 4 Perbandingan rasio kuat tekan beton menurut Parrot dan Carrasquillo, Nilson, and Slate

Umur beton (hari)	7	28	95
Parrot HS	0,80	1,00	
Parrot LS	0,70	1,00	
Carrasquillo, Nilson, and Slate HS	0,73		1,00
Carrasquillo, Nilson, and Slate MS	0,65		1,00
Carrasquillo, Nilson, and Slate LS	0,60		1,00

PARROTT LJ, 1969 mengatakan bahwa *early high strength concrete* sudah mencapai kekuatan 80%-90% pada usia 7 hari, sedangkan beton biasa mencapai kekuatan 70%-75% pada usia 7 hari, dimana beton mencapai kuat tekan 100% pada usia 28 hari. Sedangkan Carrasquillo, Nilson, & Slate, 1981; Carrasquillo, Slate, & Nilson, 1981; berpendapat bahwa *early high strength concrete* mencapai kekuatan 73% pada usia 7 hari, beton kuat tekan sedang mencapai kekuatan 65% pada usia 7 hari, dan beton kuat tekan rendah mencapai kekuatan 60% pada 7 hari, dimana beton mencapai kuat tekan 100% di usia 95 hari.

Setting dan hardening juga berkaitan dengan *strength development*, *strength development* juga merupakan aspek dalam proses perkembangan kekuatan pada beton. *Strength development* selain dipengaruhi oleh aktivator juga dipengaruhi oleh sifat fisik maupun sifat kimia dari *fly ash* yang digunakan sebagai campuran *geopolymer*. Sifat fisik *fly ash* yang mampu mempengaruhi kekuatan tekan dari beton *geopolymer* diantaranya adalah berat jenis (*specific gravity*) dan kehalusan bahan.

Pengaruh dari *specific gravity* terhadap kekuatan tekan beton *geopolymer* berbanding lurus, dimana semakin besar nilai

specific gravity dari *fly ash* maka semakin besar pula kuat tekan beton *geopolymer* yang dihasilkan. Hal ini dapat terjadi karena dengan semakin tingginya nilai *specific gravity* maka partikel *fly ash* akan semakin padat sehingga memberikan dampak terhadap peningkatan kuat tekan dari beton *geopolymer* itu sendiri.

Faktor kehalusan juga dapat mempengaruhi kuat tekan beton *geopolymer*. Semakin halus material *fly ash* yang digunakan maka semakin besar pula luas permukaan dari butiran-butiran *fly ash* tersebut. Sedangkan dari peninjauan sifat kimia *fly ash* didapatkan beberapa hasil penelitian terkait beberapa faktor yang mampu mempengaruhi kuat tekan beton *geopolymer*. Faktor tersebut diantaranya adalah kadar keasaman (pH), dan kandungan senyawa yang terdapat di dalam *fly ash*.

2.7. Mix Desain

Mix Desain pada studi literatur ini mengacu pada jurnal

Phoo-Ngernkham, T., Phiangphimai, C., Damrongwiriyupap, N., Hanjitsuwan, S., Thumrongvut, J., & Chindaprasirt, P. (2018). A Mix Design Procedure for Alkali-Activated High-Calcium Fly Ash Concrete Cured at Ambient Temperature. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/2460403>

Sesuai dengan jurnal tersebut berikut Langkah untuk menentukan mix design komposisi beton geopolimer :

1. Pemilihan ukuran maksimum agregat kasar

Tabel 2. 5 Kadar air maksimum dan persentase udara per kubik

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

2. Penentuan kadar larutan alkali aktivator dan air
3. Penentuan konten alkali aktifator terhadap *fly ash*

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

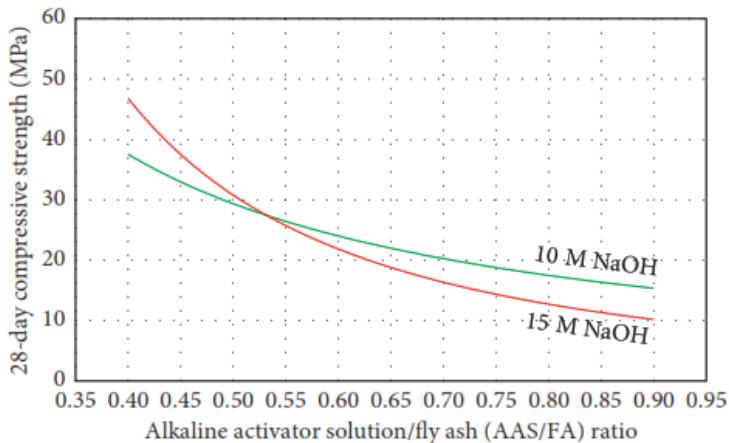
Keterangan :

ρ_{RS} = Berat Jenis pasir dalam kondisi SSD (Kg/m³)

S_G = Spesifik Gravity pasir

ρ_w = Berat jenis air (Kg/m³)

4. Menentukan massa binder geopolimer (*fly ash*)



Gambar 2. 5 Kurvaperbandingan kuat tekan dengan rasio AAS/FA

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

5. Menghitung kebutuhan alkali aktuator (NaOH dan Na_2SiO_3)

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

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

6. Menghitung kebutuhan agregat halus dan kasar

$$M_{\text{RS}} = 0.3S_{\text{G(RS)}} \left[1 - V_{\text{FA}} - V_{\text{NaOH}} - V_{\text{Na}_2\text{SiO}_3} - V_{\text{air}} \right] \times 1000,$$

$$M_{\text{LS}} = 0.7S_{\text{G(LS)}} \left[1 - V_{\text{FA}} - V_{\text{NaOH}} - V_{\text{Na}_2\text{SiO}_3} - V_{\text{air}} \right] \times 1000,$$

7. Menghitung kebutuhan *superplasticizer*

$$\text{Dosis SP} = \frac{2}{100} \times \text{fly ash}$$

8. Membuat ringkasan kebutuhan mix desain
9. Konversi ke metode kering

2.8. Pengujian

Pengujian perlu dilakukan supaya beton yang terbentuk sesuai dengan direncanakan, dan dapat dievaluasi baik dari langkah kerja maupun formulasi campuran beton. Kembali lagi pada definisi beton itu sendiri, beton pada dasarnya adalah campuran dari beberapa bagian material, yaitu agregat kasar (split), agregat halus (pasir), semen dan air dengan komposisi tertentu untuk mencapai kekuatan pada durasi waktu tertentu. Beton akan di uji dengan beberapa pengujian yaitu :

2.7.1. *Slump Tes*

Uji Slump adalah suatu metode uji yang digunakan untuk menentukan konsistensi/kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (fresh concrete) untuk menentukan tingkat workability nya. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Untuk itu uji slump menunjukkan apakah campuran beton kekurangan, kelebihan, atau cukup air.

Berdasar PBI 1971 pengukuran slump dilakukan dengan alat sebagai berikut :

a. Kerucut Abrams :

- Kerucut terpancung, dengan bagian atas dan bawah terbuka.
- Diameter atas 10 cm.
- Diameter bawah 20 cm.
- Tinggi 30 cm.

b. Batang besi penusuk :

- Diameter 16 mm.
- Panjang 60 cm.
- memiliki salah satu atau kedua ujung berbentuk bulat setengah bola dengan

diameter 16 mm.

- c. Alas : datar, dalam kondisi lembab, tidak menyerap air dan kaku

Langkah pengujian :

- a. Kerucut Abrams diletakkan di atas bidang alas yang rata dan tidak menyerap air.
- b. Kerucut diisi adukan beton sambil ditekan supaya tidak bergeser.
- c. Adukan beton diisikan dalam 3 lapis, masing-masing diatur supaya sama tebalnya (1/3 tinggi kerucut Abrams)
- d. Setiap lapis ditusuk-tusuk dengan batang penusuk sebanyak 10 kali.
- e. Setelah selesai, bidang atas diratakan.
- f. Dibiarkan $\frac{1}{2}$ menit (sambil membersihkan sisa jatuhannya di samping kerucut Abrams)
- g. Kerucut ditarik vertikal ke atas dengan hati-hati – tidak boleh diputar atau ada gerakan menggeser selama menarik kerucut.
- h. Diukur penurunan puncak beton segar yang diuji slump-nya.

Penyimpangan nilai slump dari nilai yang direkomendasikan, diijinkan apabila terbukti dan dipenuhi :

- a. Beton tetap dapat dikerjakan dengan baik.
- b. Tidak terjadi pemisahan dalam adukan beton segar.
- c. Mutu beton yang disyaratkan tetap terpenuhi.

Rekomendasi nilai slump untuk pemakaian beton segar pada elemen-elemen struktur untuk mendapatkan workability yang diperlukan :

Tabel 2. 6 Tabel nilai slump

No	Elemen Struktur	Slump maks (cm)	Slump min (cm)
1	Plat pondasi, pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
2	Pondasi telapak tidak bertulang, kaisor dan konstruksi di bawah tanah	9,0	2,5
3	Plat [lantai], balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
4	Jalan beton bertulang	7,5	5,0
5	Pembetonan massal	7,5	2,5

2.7.2. Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah beban tekan maksimum yang dapat dipikul oleh beton per satuan luas sampai beton itu hancur. Tes ini dilakukan untuk mengetahui mutu beton hasil rancangan. Selain itu kekuatan tekan beton digunakan untuk menilai dan mengendalikan mutu konstruksi dengan struktur utama beton di lapangan dalam memenuhi persyaratan spesifikasi.

Adapun beberapa prosedur yang dilakukan dalam melakukan test kuat tekan binder geopolimer ini, yaitu :

1. Ratakan permukaan binder yang akan di test tekan dengan kertas gosok (amplas) agar gaya tekan pada binder lebih merata pada semua permukaan binder lebih merata pada semua permukaan binder
2. Letakkan binder secara berdiri (vertikal) pada alat tekan dan pilih permukaan yang telah di amplas tadi sebagai permukaan yang terbebani.
3. Mesin diturunkan secara perlahan dengan kecepatan konstan.
4. Catat berapa besar kuat tekannya pada saat jarum merah mesin menunjukkan simpangan maksimum.

Besarnya angka yang ditunjukkan pada saat jarum merah mencapai simpangan maksimum merupakan beban (P) yang mampu dipikul binder

dalam satuan Kgf, sehingga untuk mendapatkan kuat tekan yang diinginkan maka besarnya beban dalam satuan Kgf tersebut harus dibebani dengan luas permukaan yang terbebani (A). Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

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

Dimana :

P = besar beban beton yang membebani beton geopolimer (kg)

A = luas yang terbebani oleh P (cm²)

Fci = Kuat tekan beton yang didapat dari hasil pengujian (kg/cm²).

2.7.3. *Permeability*

Uji permeability untuk mengetahui karakterisasi pori beton untuk dilalui oleh cairan atau gas. Permeabilitas beton adalah kemudahan beton untuk dapat dilalui air. Jika beton tersebut dapat dilalui air, maka beton tersebut dapat dikatakan permeable. Jika sebaliknya, beton tersebut sulit dilalui air maka beton tersebut dapat dikatakan impermeable.

Berikut merupakan prosedur pengujian uji *permeability*

Alat :

1. *Permeability Tester Torrent*

Bahan :

1. Benda uji silinder

Prosedur :

1. Pasang selang dan kabel pada alat.
2. Nyalakan tombol *on* setelah itu pilih *start, calibration* kemudian ikuti perintah yang tertera

- pada layar.
3. Setelah data terekam, pilih *print out*.
 4. Jika kalibrasi selesai, maka lakukan pengetesan pada benda uji.
 5. Untuk pengecekan data *output* maka pilih *menu, start, start*.
 6. Catat data yang muncul pada layar.
 7. Setelah data tercatat pilih tombol *end*.
 8. Jika ingin melakukan pengeraan ulang maka pilih tombol *start* dan lakukan ulang seperti prosedur di atas.

Analisis kualitas binder geopolimer menggunakan tabel berikut.

Tabel 2. 7 Nilai indeks uji permeability

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

2.7.4. Resistivity

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui indikasi tingkat korosi dari beton geopolimer. Untuk mengetahui nilai resistivity pada benda uji beton yaitu dengan menggunakan alat four-probe resistivity meter. Uji ini mengacu pada standar AASTHO T 358-17. Berikut merupakan prosedur pengujian *resistivity* :

Alat :

1. Alat uji *resistivity*

Bahan :

1. Air

2. Beton geopolimer

Prosedur :

1. Siapkan alat dan bahan
2. Basahi permukaan beton
3. Tancapkan alat pada beton
4. Catat hasil pembacaan pada alat
5. Hitung nilai rata-rata data yang didapat

Tabel 2. 8 Klasifikasi pengujian resistivity

Operating Instruction Resistivity Tester PROCEQ

$\rho \geq 12 \text{ k}\Omega\text{cm}$	<i>Corrosion is unlikely</i>
$\rho = 8-12 \text{ k}\Omega\text{cm}$	<i>Corrosion is possible</i>
$\rho \leq 12 \text{ k}\Omega\text{cm}$	<i>Corrosion is fairly certain</i>

Tabel 2. 9 Derajat korosi beton

Resistivity (ohm cm)	Likely Corrosion Rate
Less than 5,000	Very high
5,000 – 10,000	High
10,000 – 20,000	Low / Moderate
Greater than 20,000	Negligible

2.7.5. pH

Uji pH berfungsi untuk mengetahui kadar pH dari beton. Benda uji yang dipakai adalah beton geopolimer dengan cetakan silinder. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITS.

2.7.6. *Porosity*

Uji porositas digunakan untuk mengetahui banyaknya ruang kosong yang ada pada bahan tertentu, dalam hal ini adalah beton geopolimer.

Berikut merupakan prosedur pengujian porosity :

Alat

1. Mesin gerinda.
2. Oven.
3. Timbangan.

Bahan

1. Beton geopolimer ukuran 10 x 20 cm.

Prosedur :

1. Siapkan benda uji beton lalu dipotong dengan mesin gerinda dengan tinggi 5 cm. Jumlah potongan untuk setiap variasi adalah 3 benda uji.
2. Masukkan beton ke dalam oven dengan suhu 100°C selama 24 jam.
3. Benda uji dikeluarkan dari oven dan diangin-anginkan pada suhu kamar (25°C) kemudian ditimbang. Kemudian masukkan kembali beton ke dalam oven suhu 100°C selama 24 jam.
4. Keluarkan beton lalu ditimbang dan didapatkan berat beton kondisi kering oven.
5. Rendam beton dalam air selama 2x24 jam.
6. Setelah perendaman selama 24 jam kemudian ditimbang dalam air dan didapatkan berat beton dalam air.
7. Benda uji dikeluarkan dari dalam air dan dilap permukaannya untuk mendapatkan kondisi SSD kemudian sampel ditimbang dan didapatkan berat beton kondisi SSD setelah perendaman.

Porositas dapat dihitung dengan rumus :

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

Dimana :

P = Total Porosity (%)

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 dioven pada suhu 105°C
selama 24 jam (gr)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

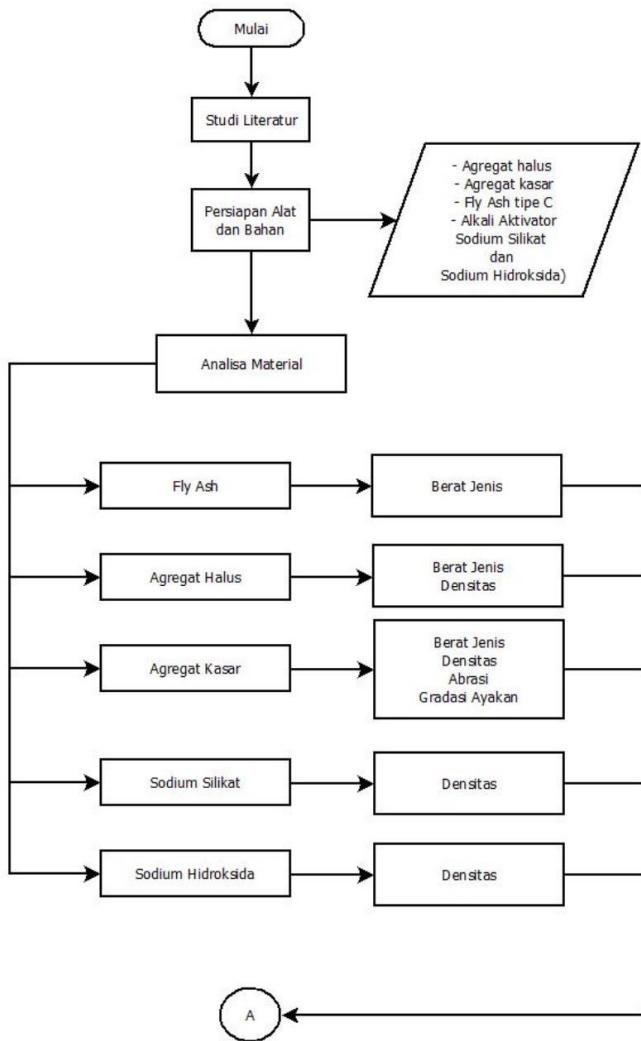
METODOLOGI

3.1. Umum

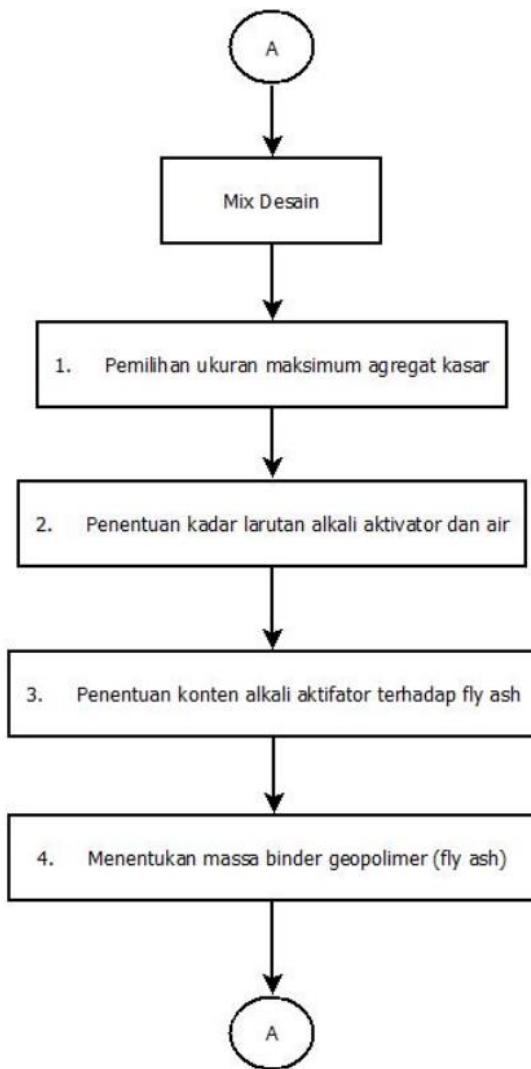
Metodologi disusun agar dapat mempermudah pelaksanaan studi eksperimen, guna memperoleh pemecahan masalah agar sesuai dengan studi yang telah ditetapkan melalui prosedur kerja yang disusun secara sistematis, teratur dan tertib, sehingga dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah. Pada bab ini akan dibahas metode penelitian yang akan dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi aktivator pada beton geopolimer terhadap perkembangan kuat tekan beton pada usia awal. Alkali aktivator yang digunakan pada studi eksperimen ini adalah sodium silikat (Na_2SiO_3) dan sodium hidroksida (NaOH) dengan perbandingan 1:1,5; 1:2; dan 1:2,5.

3.2. *Flowchart*

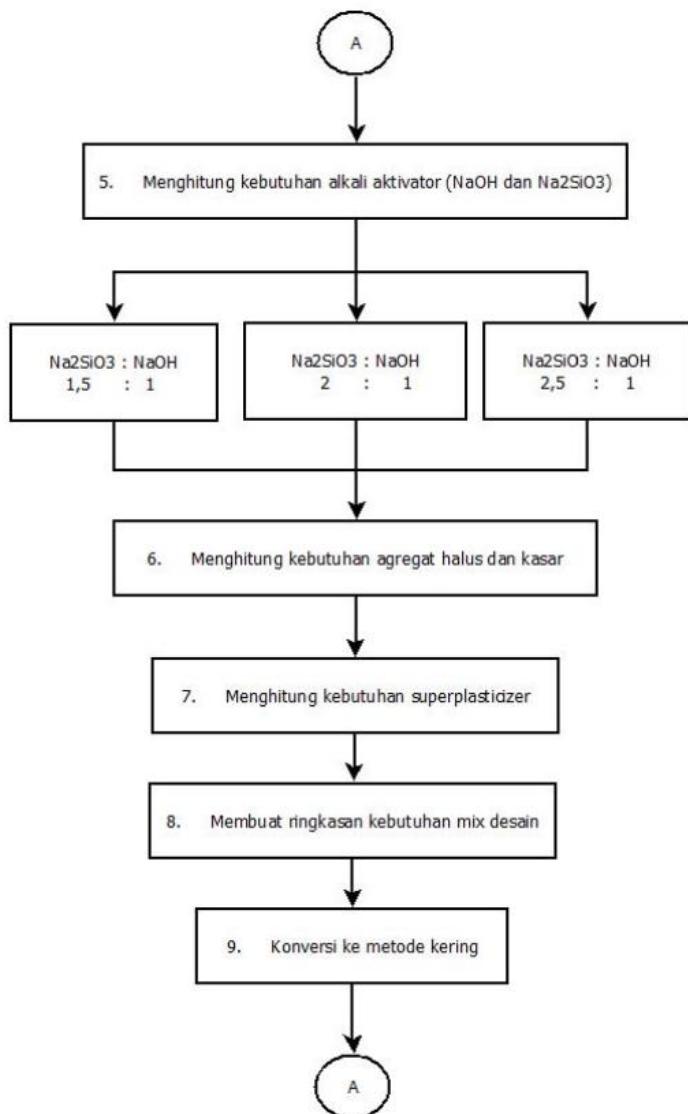
Berikut disajikan diagram alir yang menjelaskan urutan-urutan langkah yang diperlukan untuk prosedur pembuatan benda uji binder geopolimer dan beton geopolimer.



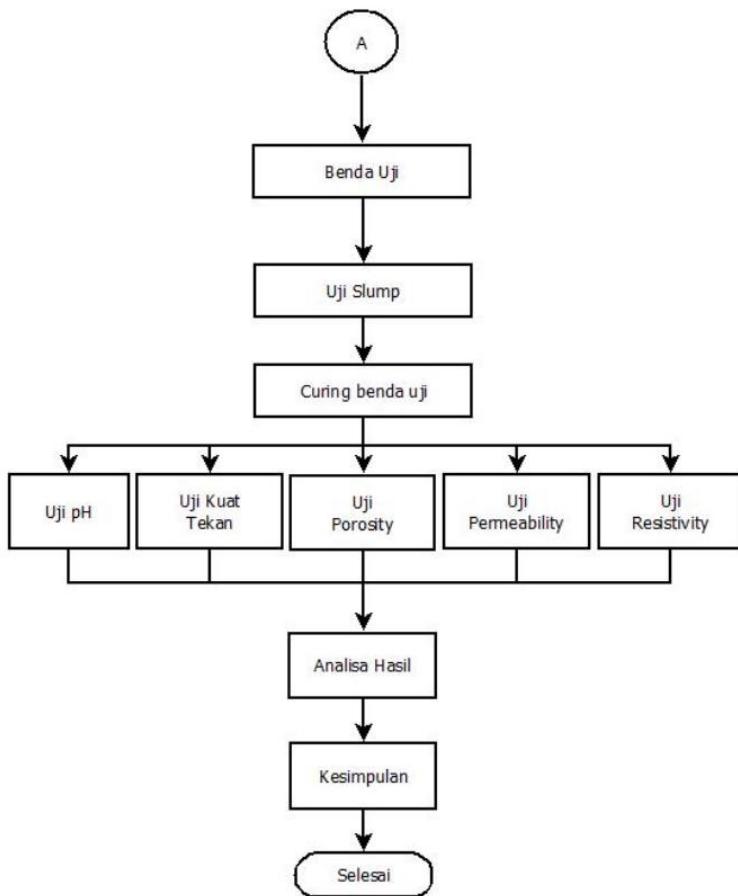
Gambar 3. 1 Flowchart 1



Gambar 3. 2 Flowchart 2



Gambar 3. 3 Flowchart 3



Gambar 3. 4 Flowchart 4

3.3. Studi Literatur

Kegiatan pertama yang dilakukan pada penelitian ini adalah melakukan studi literatur yang terfokus pada beton geopolimer berbasis *fly ash*. Pada tahap ini penulis mengumpulkan berbagai teori tentang material penyusun

beton geopolimer, *mix design*, cara pembuatan, cara pengujian serta beberapa studi literatur tentang beton geopolimer. Studi literatur dilakukan dengan mencari, mempelajari dan memahami jurnal penelitian terdahulu, buku-buku terkait dan referensi dari sumber yang relevan dengan topik dalam penelitian ini.

3.4. Persiapan Material

Bahan-bahan yang perlu dipersiapkan dalam penelitian ini adalah :

1. Fly Ash

Dalam Penelitian ini, *fly ash* yang digunakan hanya satu jenis yaitu *fly ash* yang berasal dari PLTU (PJB) Paiton, Probolinggo, Jawa Timur. *Fly ash* yang digunakan harus lolos ayakan no.200. Setelah diayak dengan ayakan no.200 dilakukan pengujian kembali dengan uji XRF untuk mengetahui kandungan oksida yang ada pada *fly ash*. Selain uji XRF ada pengujian lain berupa uji XRD dan tes SEM-EDX.

2. Alkali Aktivator

Jenis alkali aktivator yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sodium silikat (Na_2SiO_3) dan sodium hidroksida (NaOH) dengan larutan sodium hidroksida (NaOH) yang digunakan adalah 10 M. Perbandingan antara sodium silikat dan sodium hidroksida terdapat 3 variasi yaitu 1,5; 2; 2,5.

3. Superplastisizer

Superplastisizer yang digunakan adalah sukrosa berupa gula halus dengan kadar 2%. Material ini nantinya akan diuji untuk mengetahui komposisi kimiawi nya.

4. Agregat

Pada studi eksperimental ini agregat halus dan agregat kasar yang digunakan berasal dari toko material yang berada di daerah Surabaya. Agregat ini perlu di uji terlebih dahulu untuk mengetahui apakah memenuhi sebagai material penyusun beton. Uji yang dilakukan adalah :

a. Agregat halus

- Uji Berat Jenis

Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali dalam kondisi SSD, dengan hasil :

$$V1 = 2,787$$

$$V2 = 2,784$$

$$V3 = 2,778$$

Dari ketiga sampel dirata-rata dan menghasilkan nilai 2,783

- Densitas

Pengujian dilakukan sebanyak 4 kali, dengan hasil :

$$V1 = 1593,33 \text{ Kg/m}^3$$

$$V2 = 1513,33 \text{ Kg/m}^3$$

$$V3 = 1786,67 \text{ Kg/m}^3$$

$$V4 = 1400,0 \text{ Kg/m}^3$$

Dari keempat sampel dirata-rata dan menghasilkan nilai 1573,33 Kg/m^3 .

b. Agregat Kasar

- Uji Abrasi

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui keausan kerikil. Berikut hasil pengujiannya :

$$\text{Nilai keausan} = \frac{A - B}{A} \times 100\%$$

Dimana:

A = Berat sample semula (gr)

B = Berat sample tertahan ayakan no.
12 setelah diuji abrasi

$$\begin{aligned} \text{Nilai keausan} &= \frac{5000 - 4141,6}{5000} \\ &\times 100\% \\ &= 17,17 \% \end{aligned}$$

Nilai tersebut memenuhi persyaratan material pembuatan beton, karena syarat maksimal keausan kerikil adalah 40%

- Analisa Ayakan
Pengujian ini bertujuan untuk mencari ukuran agregat maksimum yang nantinya akan digunakan pada langkah pertama mix desain. Berikut hasil pengujian :

Tabel 3. 1 hasil analisa ayakan

Hasil Analisa Ayakan Batu Pecah			
Lubang Ayakan inc/mm	Batu Pecah		
	Gram	%	E %
2 "			
1 ½ "	0	0	0
¾ "	80.0	0.50	0.50
3/8 "	14580	91.89	92.40
4,76	1169.3	7.37	99.77
2,38	37	0.23	100.00
1,19			100.00
0,59			100.00
0,297			100.00
0,149			100.00
0			
Jumlah	15866.3		692.67
	FKr =	6.93	

Dari hasil uji didapatkan bahwa kerikil dominan tertahan pada ayakan 3/8" dan lolos ayakan ¾", sehingga dapat disimpulkan bahwa ukuran agregat maksimal adalah 20mm.

3.5. Mix Desain

Pembuatan *mix design* ini dilakukan sesuai dengan penelitian terdahulu oleh (Phoo-Ngernkham et al., 2018).

Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Berikut prosedur perhitungan mix desain

1. Pemilihan ukuran maksimum agregat kasar.
langkah ini adalah untuk memilih ukuran maksimum agregat kasar untuk pencampuran beton geopolimer.

Tabel 3. 2 Kadar air maksimum dan persentase udara per kubik

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

2. Menentukan kadar larutan alkali aktivator (AAS) & kadar air

Pada beton berbahan dasar semen, air bertindak sebagai aktifator sedangkan pada beton geopolimer digunakan larutan alkali.

3. Menyesuaikan kadar alkali aktivator terhadap *fly ash*

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

Keterangan :

ρ_{RS} = Berat Jenis pasir dalam kondisi SSD (Kg/m³)

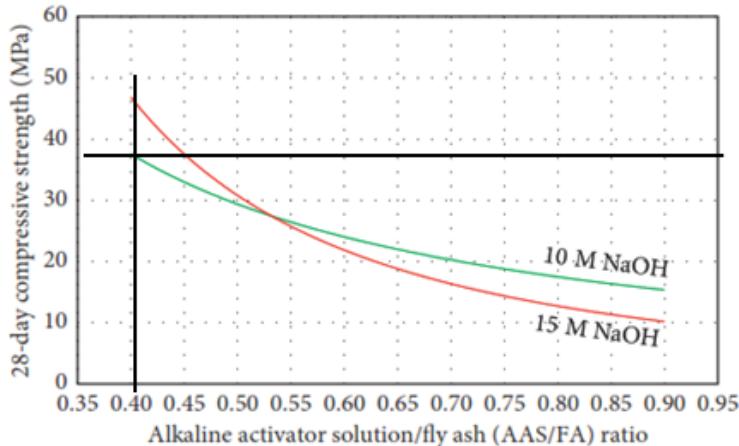
S_G = Spesifik Gravity pasir

ρ_w = Berat jenis air (Kg/m³)

$$AAS_{adjustment} = \left\{ \left[1 - \left(\frac{1573,33}{2783} \right) \right] \times 100 \right\} - 35 \times 4,75$$

$$= 240,3 \text{ kg/m}^3$$

4. Menentukan faktor air semen



Gambar 3. 5 Kurva perbandingan kuat tekan dengan rasio AAS/FA

Pada tugas akhir ini NaOH yang digunakan adalah 10M, selain itu ditargetkan mutu beton adalah 35Mpa.

5. Menghitung kebutuhan *fly ash*

$$\text{Fly ash} = \frac{\text{AAS}}{\text{Rasio AAS/FA}} = \frac{240.3}{0.40} = 600,52185 \text{ kg/m}^3$$

6. Menghitung kebutuhan alkali aktivator

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

$$\text{Na}_2\text{SiO}_3 = \frac{240,3}{1 + \left(\frac{1}{1,5}\right)} = 144,13 \text{ Kg/m}^3$$

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

$$NaOH = 240,3 - \frac{240,3}{1 + (\frac{1}{\frac{1,5}{1}})} = 96,08 \text{ Kg/m}^3$$

7. Menghitung kebutuhan agregat halus dan kasar

- Agregat halus

Jumlah agregat halus dapat dihitung menggunakan formula berikut :

$$M_{RS} = 0,3S_{G(RS)} \left[1 - V_{FA} - V_{NaOH} - V_{Na_2SiO_3} - V_{air} \right] \times 1000,$$

$$MRS = 0,3(2,783) \left[1 - \frac{600,5}{2,93 \times 1000} - \frac{96,08}{1311,4} - \frac{144,13}{1604} - \frac{2}{100} \right] \times 1000 \\ = 510,7 \text{ kg/m}^3$$

- Agregat kasar

$$M_{LS} = 0,7S_{G(LS)} \left[1 - V_{FA} - V_{NaOH} - V_{Na_2SiO_3} - V_{air} \right] \times 1000,$$

$$MLS = 0,7(2,678) \left[1 - \frac{600,5}{2,93 \times 1000} - \frac{96,08}{1311,4} - \frac{144,13}{1604} - \frac{2}{100} \right] \times 1000 \\ = 1146,8 \text{ kg/m}^3$$

8. Menentukan jumlah superplastisizer

$$\text{Dosis SP} = \frac{2}{100} \times 600,5 = 12 \text{ Kg}$$

9. Rekapitulasi perhitungan

Tabel 3. 3 Rekapitulasi perhitungan

Penyusun	Perbandingan 1,5	
FA =	600.52	kg/m ³
RS =	510.7	kg/m ³
LS =	1146.8	kg/m ³
NaOH =	96.08	kg/m ³
Na ₂ SiO ₃ =	144.13	kg/m ³
SP =	12.0	kg/m ³
BJ Beton =	2510.23	kg/m ³

10. Konversi mix desain ke metode kering

Pada penelitian ini digunakan NaOH dengan molaritas 10 M. Berdasarkan hardjito 2005, 1 Kg larutan NaOH mengandung padatan NaOH sebesar 314 gr. Maka dapat dikalkulasi jumlah kebutuhan laruta NaOH sebesar 96,08 Kg jika dikonversi kedalam padatan yaitu

$$\begin{aligned} NaOH_{solid} &= 96,08 \times 0,31 = 29,79 \text{ Kg} \\ Na_2SiO_3Solid &= 144,16 \times \left(\frac{86,85 - 46,44}{86,85} \right) \\ &= 67,07 \text{ Kg} \\ Air &= (96,08 - 29,79) + (144,16 - 67,07) \\ &= 143,38 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Adapun rekapitulasi *mix design* yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Perbandingan Sodium Silikat (Na₂SiO₃) dengan Sodium Hidroksida (NaOH) 10 M adalah 1,5.

Mix desain :

Fly Ash	=	600,522 kg/m ³
Pasir	=	510,7 kg/m ³
Kerikil	=	1146 kg/m ³
NaOH	=	29,79 kg/m ³

Na_2SiO_3	=	67,07 kg/m ³
Air	=	143,38 kg/m ³
SP	=	12 kg/m ³

2. Perbandingan Sodium Silikat (Na_2SiO_3) dengan Sodium Hidroksida (NaOH) 10 M adalah 2.

Mix desain :

Fly Ash	=	601 kg/m ³
Pasir	=	480 kg/m ³
Kerikil	=	1154 kg/m ³
NaOH	=	80,09 kg/m ³
Na_2SiO_3	=	160,18 kg/m ³
Air	=	141,276 kg/m ³
SP	=	12 kg/m ³

3. Perbandingan Sodium Silikat (Na_2SiO_3) dengan Sodium Hidroksida (NaOH) 10 M adalah 2,5.

Mix desain :

Fly Ash	=	601 kg/m ³
Pasir	=	479 kg/m ³
Kerikil	=	1153 kg/m ³
NaOH	=	68,65 kg/m ³
Na_2SiO_3	=	171,62 kg/m ³
Air	=	139,443 kg/m ³
SP	=	12 kg/m ³

Larutan NaOH menggunakan molaritas 10 M disesuaikan dengan penelitian terdahulu. Dimana diharapkan dengan menggunakan molaritas yang lebih rendah dapat mempermudah pembuatan beton karena semakin besar molaritas yang digunakan maka akan semakin tinggi pula suhu yang dihasilkan sehingga dapat mempersulit pembuatan.

3.6. Pembuatan Benda Uji

Setelah dilakukan perhitungan *mix design*, selanjutnya dilakukan pembuatan binder geopolimer. Untuk setiap komposisi silinder, masing-masing 15 benda uji pada umur 1, 3, 7, 14, dan 28 hari. Sebelum proses pembuatan binder geopolimer ada dua tahap yang harus dilakukan antara lain :

1. Alat
 - a. Loyang.
 - b. Timbangan.
 - c. Cetakan silinder dengan ukuran diameter 15cm dan tinggi 30cm.
2. Bahan
 - a. Fly ash
 - b. NaOH
 - c. Na_2SiO_3
 - d. Superplastisizer (glukosa)
3. Langkah Kerja

Proses pencampuran dilakukan setelah melakukan proses *mix design*, dimana komposisi berat tiap binder beton telah ditentukan sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Proses pencampuran meliputi rangkaian kegiatan berikut ini :

- a. Masukkan agregat kasar dan halus ke dalam *mixer* yang telah dilakukan penimbangan sesuai takaran.
- b. Timbang *fly ash*, NaOH, Na_2SiO_3 , glukosa, dan aquades sesuai takaran. Kemudian masukkan *fly ash* ke dalam pelat besi untuk dihaluskan terlebih dahulu. Setelah halus masukkan Na_2SiO_3 sedikit demi sedikit. Jika sudah tercampur tambahkan NaOH sesuai takaran. Lalu masukkan glukosa ke dalam campuran dan dilanjutkan dengan memasukkan aquades. Aduk pasta selama kurang lebih 5 menit hingga campuran menjadi rata.
- c. Lumuri cetakan dengan oli, sebelum adonan dimasukkan ke dalam cetakan agar saat melepas cetakan tidak lengket.

- d. Masukkan adonan tersebut ke dalam cetakan.
- e. Ratakan permukaan binder tersebut.
- f. Cetakan bisa dilepas setelah binder sudah mengeras. Setelah itu, simpan binder di dalam plastik yang telah diberi label sesuai dengan komposisi yang telah dibuat.
- g. Simpan dalam suhu ruang selama 1 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

3.7. Perawatan Benda Uji

Curing (perawatan) ini dilakukan untuk mencegah penguapan air yang berlebihan pada binder. Karena kandungan air atau pencampur dalam binder sangat mempengaruhi kekuatan dari binder itu sendiri. *Curing* ini dilakukan dengan cara menutupi sampel binder dengan plastik dan dibiarkan dalam suatu ruangan dan suhu ruangan tersebut dipantau dan didata selama 3 hari berturut-turut. Untuk waktu penyimpanan binder selama 28 hari, 14 hari, 7 hari, 3 hari, dan 1 hari.

3.8. Pengujian

Pengujian perlu dilakukan supaya beton yang terbentuk sesuai dengan direncanakan, dan dapat dievaluasi baik dari langkah kerja maupun formulasi campuran beton. Berikut beberapa uji yang akan dilakukan dalam penelitian ini :

3.8.1 Pengujian Kuat Tekan

Tes kuat tekan binder geopolimer ini akan dilakukan pada umur binder 28 hari, 14 hari, 7 hari, 3 hari, dan 1 hari. Untuk setiap tes kuat tekan, digunakan 3 benda uji dari setiap komposisi dan setiap umur binder. Hal ini dilakukan untuk memberikan pembanding guna mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Besarnya angka yang ditunjukkan pada saat jarum merah mencapai simpangan maksimum merupakan beban (P) yang mampu dipikul binder dalam satuan Kgf, sehingga untuk mendapatkan kuat tekan yang diinginkan maka besarnya beban dalam satuan Kgf tersebut harus dibebani dengan luas permukaan yang terbebani (A). Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

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

Dimana :

P = besar beban beton yang membebani beton geopolimer (kg)

A = luas yang terbebani oleh P (cm²)

Fci = Kuat tekan beton yang didapat dari hasil pengujian (kg/cm²).

3.8.2 Pengujian Permeability

Uji *permeability* dilakukan pada beton umur 1 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Uji *permeability* untuk mengetahui nilai permeabilitas atau kemudahan binder untuk dilalui oleh cairan atau gas. Uji *permeability* menggunakan alat *Permeability Tester Torrent*, data nilai koefisien permeabilitas dapat dilihat pada output hasil pengujian pada layar alat uji. Klasifikasikan kualitas permeabilitas beton dengan menggunakan tabel berikut ini :

Tabel 3. 4 Indeks klasifikasi permeabilitas beton

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

3.8.3 Pengujian Slump

Uji Slump adalah suatu metode uji yang digunakan untuk menentukan konsistensi/kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan tingkat *workability* nya. Kekakuan dalam suatu campuran beton menunjukkan berapa banyak air yang digunakan. Untuk itu uji slump menunjukkan apakah campuran beton kekurangan, kelebihan, atau cukup air.

Dalam suatu adukan/campuran beton, kadar air sangat diperhatikan karena menentukan tingkat *workability* nya atau tidak. Campuran beton yang terlalu cair akan menyebabkan mutu beton rendah, dan lama mengering. Sedangkan campuran beton yang terlalu kering menyebabkan adukan tidak merata dan sulit untuk dicetak.

Nilai *workability* dapat diketahui dari hasil uji slump, jika nilai slump semakin besar maka workabilitasnya semakin baik. Dari hasil uji slump akan didapat nilai penurunan tinggi dari beton segar.

Tabel 3. 5 Tabel nilai slump

No	Elemen Struktur	Slump maks (cm)	Slump min (cm)
1	Plat pondasi, pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
2	Pondasi telapak tidak bertulang, kaisor dan konstruksi di bawah tanah	9,0	2,5
3	Plat [lantai], balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
4	Jalan beton bertulang	7,5	5,0
5	Pembetonan massal	7,5	2,5

3.8.4 Pengujian Porositas

Porositas merupakan banyaknya ruang kosong yang ada pada bahan tertentu, dalam hal ini adalah beton geopolimer.

Pada saat pengujian akan didapatkan berat benda uji setelah di oven, berat benda uji di dalam air serta berat benda uji dalam keadaan SSD. Maka nilai porositas dapat dihitung dengan rumus :

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

Dimana :

P = Total Porosity (%)

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 dioven pada suhu 105°C selama 24 jam (gr)

3.8.5 Pengujian Resistivity

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai resistivitas dari beton, yaitu nilai indikasi tingkat korosi dari beton geopolimer. Uji ini mengacu pada standar AASTHO T 358-17. Jika nilai resistivitas kurang dari 12 k.Ω.cm maka, kerentan beton terhadap ion klorida tergolong tinggi.

Nilai resistivitas beton dapat langsung diketahui dari hasil pembacaan alat resipod, lalu komparasikan dengan tabel berikut untuk mengklasifikasikan.

Tabel 3. 6 Klasifikasi pengujian beton

<i>Operating Instruction Resistivity Tester PROCEQ</i>	
$\rho \geq 12 \text{ k}\Omega\text{cm}$	<i>Corrosion is unlikely</i>
$\rho = 8-12 \text{ k}\Omega\text{cm}$	<i>Corrosion is possible</i>
$\rho \leq 12 \text{ k}\Omega\text{cm}$	<i>Corrosion is fairly certain</i>

Tabel 3. 7 Derajat korosi beton

Resistivity (ohm cm)	Likely Corrosion Rate
Less than 5,000	Very high
5,000 – 10,000	High
10,000 – 20,000	Low / Moderate
Greater than 20,000	Negligible

3.9. Analisa Data

Analisa data merupakan tahap dimana hasil dari eksperimental (produk pengujian) di analisa dengan cara membandingkan variabel-variabel yang telah ada dengan hasil dari percobaan yang telah dicapai. Analisa data berperan dalam pembuatan kesimpulan dari pengerjaan tugas akhir.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil penelitian yang telah diperoleh dari pengujian material penyusun dan pengujian sampel beton, kemudian dianalisa dan ditarik kesimpulan. Hasil penelitian di laboratorium terdiri dari hasil uji material fly ash, agregat, hasil kuat tekan, *porosity*, *slump test* dan *resistivity*. Data-data hasil pengujian akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah dalam menganalisa.

4.2. Hasil Analisa Material

4.2.1. Hasil uji XRF fly ash

Uji XRF fly ash dilakukan di LPPM ITS, dari hasil pengujian didapatkan komposisi senyawa sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Hasil uji XRF fly ash

Senyawa	Massa (%)
MgO	1,30
Al ₂ O ₃	6,70
SiO ₂	21,20
SO ₃	0,50
K ₂ O	1,09
CaO	29,60
TiO ₂	1,00
V ₂ O ₅	0,06
MnO	0,26
Fe ₂ O ₃	32,50
MoO ₃	3,80
BaO	0,50
HgO	1,50
Na ₂ O	No intensity

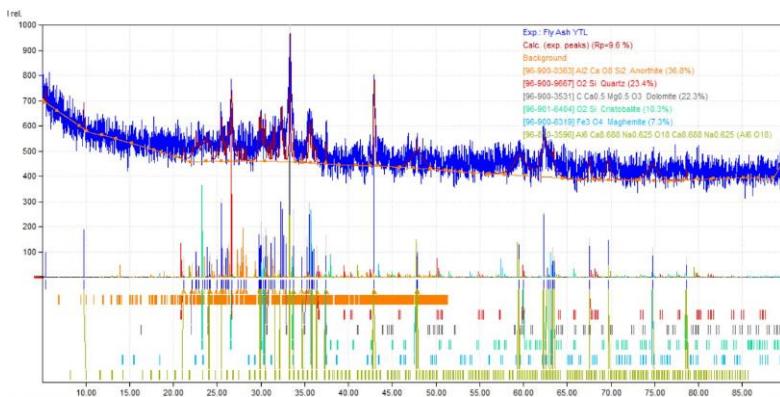
Tabel 4. 2 Hasil uji XRF dengan parameter ASTM C618-12

No.	Parameter	Nilai
1	SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ , % Aktiv	60,40
2	CaO, % Aktivator	29,60

Berdasarkan tabel diatas fly ash yang digunakan merupakan fly ash tipe C, karena kandungan SiO₂+AlO₃+Fe₂O₃ < 70% serta kadar CaO > 15%.

4.2.2. Hasil uji XRD fly ash

Uji XRD dilakukan di Laboratorium Material Metalurgi ITS. Hasil pengujian fly ash yang digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 1 Pola hasil uji XRD fly ash

Berikut merupakan kandungan yang didapat dari hasil uji XRD fly ash :

Tabel 4. 3 Hasil uji XRD fly ash

Mineal	Senyawa	Kuantitas (%)
Anorthite	Al ₂ Ca O ₈ Si ₂	25,3
Periclase	Mg O	17,9
Dolomite	C CaO 5 MgO	11,8
Quartz	O ₂ Si	11,6
Lime	Ca O	3
Magnetite	Fe ₃ O ₄	1,2

Berdasarkan hasil uji diatas serta telah diidentifikasi dengan menggunakan software match, menunjukkan fly ash yang digunakan merupakan fly ash tipe C.

4.2.3. Pengujian SEM-EDX

Terdapat kendala pada pelaksanaan pengujian SEM-EDX. Dikarenakan laboratorium yang

digunakan untuk menguji SEM-EDX *fly ash* tidak menerima pengujian akibat pandemi corona. Sehingga data belum dapat dicantumkan dalam penelitian ini.

4.3. Hasil Pengujian Beton Geopolimer

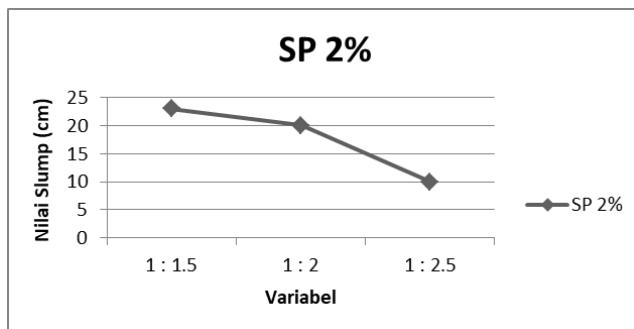
4.3.1. Uji Slump

Uji slump digunakan untuk mengetahui tingkat *workability* dari beton geopolimer. Berikut merupakan hasil pengujian slump :

Tabel 4. 4 Tabel hasil uji slump

No	Variabel	Nilai Slump (cm)
1	1 : 1.5	23
2	1 : 2	20
3	1 : 2.5	10

Dari tabel didapat grafik sebagai berikut :



Gambar 4. 2 Grafik perbandingan nilai slump

Dari hasil pengujian slump diatas, dapat dikatakan bahwa nilai slump terbaik ada pada variasi perbandingan 1:1,5. Hal ini menunjukkan bahwa perbandingan alkali aktuator berbanding terbalik

terhadap nilai *slump* dimana semakin besar perbandingan alkali aktuator, nilai *slump* yang dihasilkan semakin kecil dan *workability* jelek. Sedangkan semakin kecil perbandingan alkali aktuator, nilai *slump* yang dihasilkan semakin besar dan *workability* semakin bagus.

4.3.2. Uji Permeability

Uji *permeability* dilakukan pada umur 1 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Uji ini untuk mengetahui nilai permeabilitas atau kemudahan binder untuk dilalui oleh cairan atau gas. Uji *permeability* menggunakan alat *Permeability Tester Torrent*.

Tabel 4. 5 Hasil uji permeability variasi perbandingan 1:1,5

Umur Hari	No.	Dimensi cm	L mm	kT	Rata-Rata	Kualitas Beton
3	1	15 x 30	30.3	0.193	0.083	Baik
	2	15 x 30	9.1	0.017		
	3	15 x 30	13.6	0.039		
7	1	15 x 5	43.6	0.433	0.315	Normal
	2	15 x 5	35.2	0.26		
	3	15 x 5	34.6	0.252		
28	1	15 x 30	10.4	0.023	0.066	Baik
	2	15 x 30	21.2	0.094		
	3	15 x 30	19.7	0.082		

Tabel 4. 6 Hasil uji permeability variasi perbandingan 1:2

Umur	No.	Dimensi	L	kT	Rata-Rata	Kualitas Beton
Hari		cm	mm			
1	1	15 x 5	5.4	0.006	0.004	Sangat Baik
	2	15 x 5	2.7	0.002		
	3	15 x 5				
7	1	15 x 30		0.45	1.936	Jelek
	2	15 x 30		0.894		
	3	15 x 30		4.463		
14	1	15 x 5	76.2	4.88	7.037	Jelek
	2	15 x 5	80.6	5.471		
	3	15 x 5	103.1	10.76		

Tabel 4. 7 Hasil uji permeability variasi perbandingan 1:2,5

Umur	No.	Dimensi	L	kT	Rata-Rata	Kualitas Beton
Hari		cm	mm			
7	1	15 x 5	6.4	0.009	0.011	Baik
	2	15 x 5	7.1	0.011		
	3	15 x 5	7.8	0.013		
14	1	15 x 5	79.4	5.297	5.078	Jelek
	2	15 x 5	88.7	7.928		
	3	15 x 5	59.8	2.008		

Tabel di atas merupakan hasil pengujian permeability yang dilakukan dalam penelitian ini. Pada penelitian ini pengujian permeability sudah dilakukan, namun setelah beberapa kali pengujian alat permeability yang digunakan mengalami kerusakan. Sehingga menyebabkan kurang lengkapnya data untuk dapat dilakukan analisa data. Data yang didapat juga memiliki keanehan dimana hasil permeability mengalami fluktuatif. Setelah dilakukan analisa, hal tersebut disebabkan oleh kerusakan pada *Permeability Tester Torrent* yang sering error saat dilakukan kalibrasi.

4.3.3. Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan silinder beton geopolimer dilakukan pada umur 1 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Nilai kuat tekan merupakan nilai rata - rata dari 3 sampel yang telah diuji dengan dimensi silinder besar 15x30 cm dan silinder kecil 10x20 cm. Berikut hasil dari uji kuat tekan yang diperoleh:

Tabel 4. 8 Hasil uji kuat tekan variasi perbandingan 1:1,5

Umur	Sample	Dimensi	Berat	Kuat Tekan	Kuat Tekan	Rata-Rata	Stadev
Hari		cm	kg	Ton	MPa	MPa	
1	1H1	10 X 20	4.06	0.8	1.039	0.87	0.15
	1H2	10 X 20	4.14	0.6	0.779		
	1H3	10 X 20	4.08	0.6	0.779		
3	3H1	10 X 20	4.08	1.1	1.429	1.47	0.07
	3H2	10 X 20	4.06	1.1	1.429		
	3H3	10 X 20	4.06	1.2	1.559		
7	7H1	10 X 20	4.02	2.3	2.988	3.55	0.49
	7H2	10 X 20	4.02	3	3.897		
	7H3	10 X 20	4.04	2.9	3.767		
14	14H1	10 X 20	3.98	9.4	12.211	13.25	0.91
	14H2	10 X 20	4.02	10.7	13.899		
	14H3	10 X 20	4.02	10.5	13.640		
28	28H1	15 X 30	13.9	36.7	20.373	22.30	2.60
	28H2	15 X 30	13.42	45.5	25.259		
	28H3	15 X 30	13.62	38.3	21.262		

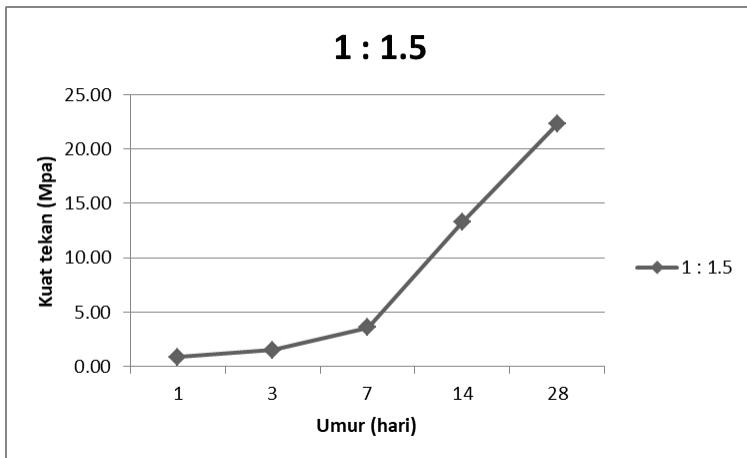
Tabel 4. 9 Hasil uji kuat tekan variasi perbandingan 1:2

Umur	Sample	Dimensi	Berat	Kuat Tekan	Kuat Tekan	Rata-Rata	Stadev
Hari		cm	kg	Ton	MPa	MPa	
1	7H1	10 X 20	4.02	0.5	0.650	0.56	0.15
	7H2	10 X 20	4.06	0.5	0.650		
	7H3	10 X 20	4	0.3	0.390		
3	14H1	10 X 20	4	0.9	1.169	1.08	0.15
	14H2	10 X 20	4.04	0.9	1.169		
	14H3	10 X 20	3.96	0.7	0.909		
7	28H1	10 X 20	3.97	1.2	1.559	1.73	0.20
	28H2	10 X 20	4.1	1.5	1.949		
	28H3	10 X 20	4	1.3	1.689		
14	56H1	10 X 20	4	3.7	4.806	4.42	0.47
	56H2	10 X 20	4.06	3	3.897		
	56H3	10 X 20	4	3.5	4.547		
28	28H1	15 X 30	13.32	17.4	9.659	9.70	0.45
	28H3	15 X 30	13.34	18.3	10.159		
	28H5	15 X 30	13.34	16.7	9.271		

Tabel 4. 10 Hasil uji kuat tekan variasi perbandingan 1:2,5

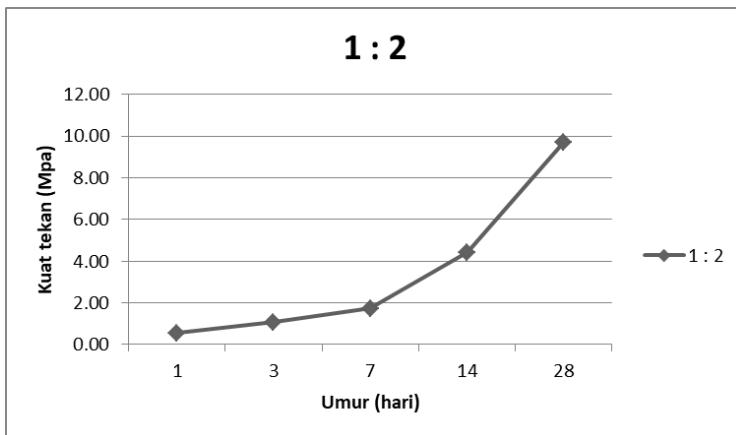
Umur	Sample	Dimensi	Berat	Kuat Tekan	Kuat Tekan	Rata-Rata	Stadev
Hari		cm	kg	Ton	MPa	MPa	
1	7H1	10 X 20	4.12	0.6	0.779	0.82	0.07
	7H2	10 X 20	4.04	0.7	0.909		
	7H3	10 X 20	4.08	0.6	0.779		
3	14H1	10 X 20	3.98	1.1	1.429	1.30	0.13
	14H2	10 X 20	4.06	1	1.299		
	14H3	10 X 20	3.96	0.9	1.169		
7	7H1	15 X 30	13.5	4.2	2.332	2.42	0.12
	7H2	15 X 30	13.54	4.3	2.387		
	7H3	15 X 30	13.6	4.6	2.554		
14	14H1	10 X 20	3.98	4.1	5.326	5.46	0.13
	14H2	10 X 20	4	4.2	5.456		
	14H3	10 X 20	3.9	4.3	5.586		
28	28H1	15 X 30	13.08	13.6	7.550	6.59	0.84
	28H2	15 X 30	13.28	10.8	5.995		
	28H3	15 X 30	13.34	11.2	6.217		

Dari hasil pengujian didapatkan grafik sebagai berikut :



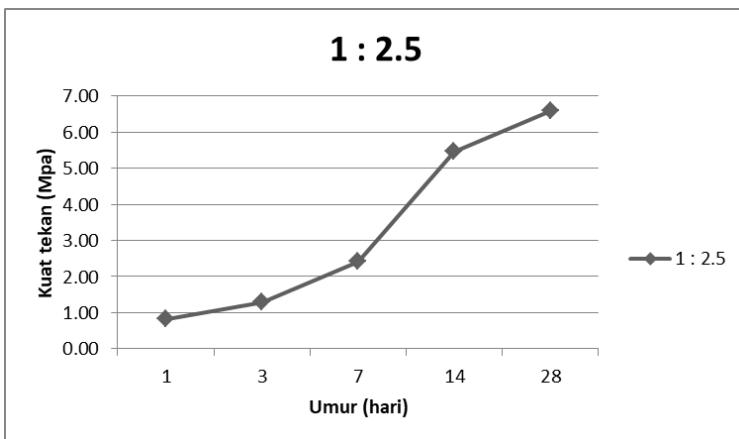
Gambar 4. 3 Grafik hasil uji kuat tekan variasi perbandingan 1:1,5

Pada gambar 4.3 hasil uji kuat tekan variasi perbandingan 1:1,5; kuat tekan beton berbanding lurus dengan umur, pada umur 1 hari memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 0,87 MPa, pada umur 3 hari sebesar 1,47 Mpa, pada umur 7 hari sebesar 3,55 MPa, pada umur 14 hari sebesar 13,25 MPa, pada umur 28 hari sebesar 22,3MPa.



Gambar 4. 4 Grafik hasil uji kuat tekan variasi perbandingan 1:2

Pada gambar 4.4 hasil uji kuat tekan variasi perbandingan 1:2; kuat tekan beton berbanding lurus dengan umur, pada umur 1 hari memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 0,56 MPa, pada umur 3 hari sebesar 1,08 Mpa, pada umur 7 hari sebesar 1,73 MPa, pada umur 14 hari sebesar 4,42 MPa, pada umur 28 hari sebesar 9,7MPa.



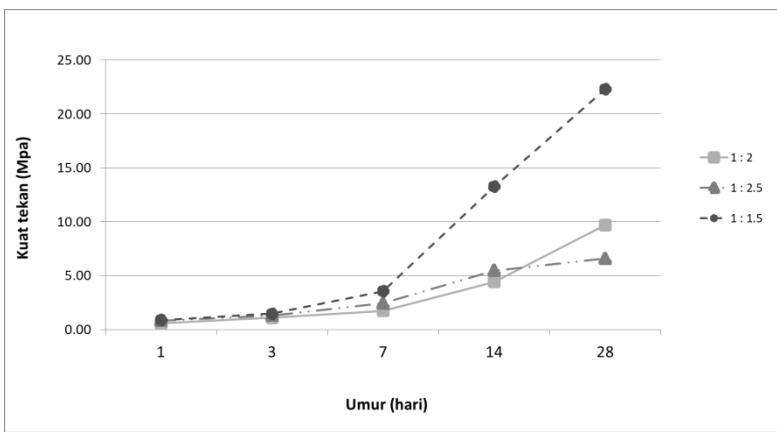
Gambar 4. 5 Grafik hasil uji kuat tekan variasi perbandingan 1:2,5

Pada gambar 4.5 hasil uji kuat tekan variasi perbandingan 1:2,5; kuat tekan beton berbanding lurus dengan umur, pada umur 1 hari memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 0,82 MPa, pada umur 3 hari sebesar 1,30 Mpa, pada umur 7 hari sebesar 2,42 MPa, pada umur 14 hari sebesar 5,46 MPa, pada umur 28 hari sebesar 6,59MPa.

Pada tabel dan grafik diatas, dapat diketahui bahwa kuat tekan tertinggi pada variasi perbandingan 1:1,5 adalah 22,3 MPa pada umur 28 hari, pada variasi perbandingan 1:2 kuat tekan tertinggi adalah 9,7 MPa pada umur 28 hari dan pada variasi perbandingan 1:2,5 kuat tekan tertinggi adalah 6,59 MPa pada umur 28 hari.

Tabel 4. 11 Rekapitulasi rata-rata kuat tekan semua variasi

Umur	Kuat Tekan (Mpa) dengan perbandingan		
	Hari	1 : 1.5	1 : 2
1	0.87	0.56	0.82
3	1.47	1.08	1.30
7	3.55	1.73	2.42
14	13.25	4.42	5.46
28	22.30	9.70	6.59



Gambar 4. 6 Grafik rekapitulasi kuat tekan semua variasi

Dari hasil pengujian kuat tekan di atas, variasi dengan nilai kuat tekan tertinggi pada umur 28 hari adalah variasi perbandingan 1:1,5 sebesar 22,3 MPa. Kemudian disusul oleh variasi perbandingan 1:2 sebesar 9,7 MPa dan variasi perbandingan 1:2,5 sebesar 6,59 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa variasi perbandingan yang paling optimum dengan penambahan *superplasticizer* 2% adalah pada variasi perbandingan 1:1,5. Dimana dapat disimpulkan bahwa semakin kecil perbandingan alkali aktivator, maka semakin tinggi mutu kuat tekan yang dihasilkan.

Merujuk pada tabel 2.4, berikut ini merupakan hasil perkembangan kuat tekan beton geopolimer pada umur 7 hari dan 28 hari.

Tabel 4. 12 Hasil konversi perkembangan kuat tekan beton di usia muda

Umur beton (hari)	7	28
Parrot HS	0,80	1,00
Parrot LS	0,70	1,00
Variasi 1:1,5	0,1592365	1,00
Variasi 1:2	0,178626	1,00
Variasi 1:2,5	0,3679775	1,00

Menurut PARROTT LJ, 1969 *early high strength concrete* pada umur 7 hari memiliki kuat tekan 80% dari kuat tekan pada umur 28 hari. Berdasarkan tabel diatas beton geopolimer masih belum dapat memenuhi standar *early high strength*.

4.3.4. Uji Resistivity

Uji *resistivity* dilakukan untuk mengetahui indikasi tingkat korosi dari beton geopolimer dalam melindungi baja tulangan dari korosi. Pengujian ini dilakukan pada umur 1 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Berikut adalah hasil pengujian *resistivity* beton geopolimer :

Tabel 4. 13 Hasil uji resistivity umur 28 hari

Variasi	No.	Sample	Dimensi cm	Nilai Resistivity (K.ohm.cm)						Rata-Rata
				1	2	3	4	5	6	
1:1,5	1	28H1	15 x 30	1.6	1.2	1.4	1.5	1.2	1.5	1.4
	2	28H2	15 x 30	1.4	1.0	1.5	1.4	1.1	1.4	1.3
	3	28H3	15 x 30	1.7	1.2	1.6	1.9	1.3	1.6	1.55
1:2	1	28H1	15 x 30	1.9	1.6	2.0	1.7	1.5	1.8	1.75
	2	28H2	15 x 30	2.0	1.6	2.0	1.9	1.5	2.0	1.833333
	3	28H3	15 x 30	1.8	1.4	1.7	1.9	1.2	1.3	1.55
1:2,5	1	28H1	15 x 30	0	0	0	0	0	0	0.0
	2	28H2	15 x 30	0	0	0	0	0	0	0
	3	28H3	15 x 30	0	0	0	0	0	0	0

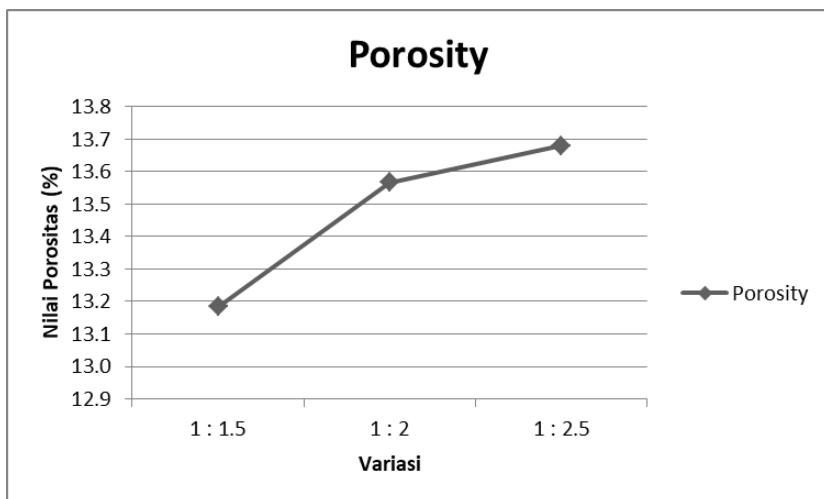
Dari tabel hasil pengujian *resistivity* diatas dapat dilihat pada variasi perbandingan 1:1,5 dan variasi perbandingan 1:2, pada umur 1 hari, 3 hari, 7 hari serta 14 hari dan variasi perbandingan 1:2,5 tidak menunjukkan nilai resistivitas pada saat pengujian, namun pada usia 28 hari didapatkan nilai resistivitas sebesar 1,4 k.Ω.cm untuk variasi perbandingan 1:1,5 dan 1,7 k.Ω.cm untuk variasi perbandingan 1:2. Dari hasil pengujian *resistivity* semua variasi memiliki nilai resistivitas dibawah 12 k.Ω.cm, sehingga kerentan terhadap ion klorida tergolong tinggi.

4.3.5. Uji Porosity

Hasil uji *porosity* untuk mengetahui besarnya prosentase pori-pori (rongga) terhadap volume beton padat. Pengujian dilakukan pada sampel umur 28 hari, diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 4. 14 Hasil uji porosity

Variasi	Silinder (10 x 5) cm						Rata2
		W _{d2}	W _{d3}	W _{ssd}	Ww	Porosity %	
		gram	gram	gram	gram	%	
1 : 1.5	S1	837.2	835.1	881.8	535	13.5	13.2
	S2	901.7	899.4	944.8	576.8	12.3	
	S3	892.5	889.5	940.6	568.9	13.7	
1 : 2	S1	933.2	932.3	983	594.89	13.1	13.6
	S2	847.8	847	895.9	538.3	13.7	
	S3	1035.5	1034.1	1095.1	658.2	14.0	
1 : 2.5	S1	933.5	932.5	984.2	612.3	13.9	13.7
	S2	996.4	995.6	1048.5	655.2	13.5	
	S3	960.8	958.9	1010.7	632.3	13.7	



Gambar 4. 7 Grafik hasil uji porosity

Dari hasil pengujian *porosity* di atas, didapatkan nilai *porosity* terkecil adalah variasi perbandingan 1:1,5 yaitu sebesar 13,2%. Sedangkan untuk *porosity* tertinggi adalah variasi perbandingan 1:2,5 sebesar

13,7%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai porositas paling optimum adalah pada variasi perbandingan 1:1,5. Nilai porositas beton geopolimer dengan perbandingan yang semakin kecil cenderung semakin bagus, serta semakin kecil nilai porositas beton maka semakin tinggi durabilitas beton.

4.3.6. Uji pH

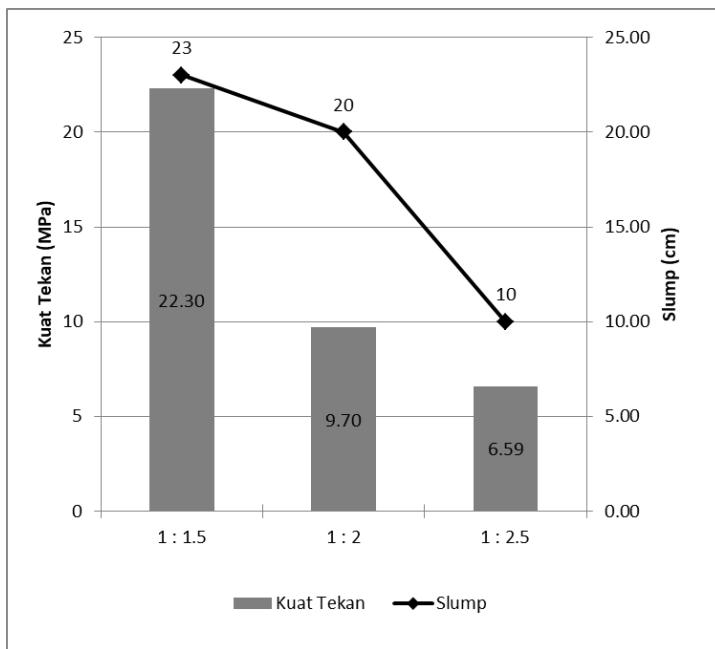
Hasil uji pH belum dapat ditampilkan, pengujian pH belum dapat dilakukan dikarenakan terdapat kendala berupa laboratorium tempat pengujian pH tidak menerima pengujian akibat dari pandemi korona.

4.4. Korelasi Kuat Tekan dengan Workabilitas

Korelasi ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara nilai kuat tekan dengan nilai workabilitas beton.

Tabel 4. 15 Rekapitulasi nilai kuat tekan rata-rata umur 28 hari dengan nilai slump

No	Variabel	Kuat Tekan	Slump
1	1 : 1.5	22.30	23
2	1 : 2	9.70	20
3	1 : 2.5	6.59	10



Gambar 4. 8 Grafik hubungan nilai kuat tekan 28 hari dengan nilai slump

Dari tabel dan grafik diatas dapat dilihat pada variasi perbandingan 1:1,5 memiliki nilai kuat tekan dan nilai slump tertinggi, sedangkan variasi perbandingan 1:2,5 memiliki nilai kuat tekan dan nilai slump terendah. Variasi perbandingan 1:2 memiliki nilai kuat tekan dan nilai slump yang berada diantara variasi perbandingan 1:1,5 dan 1:2,5.

Berdasarkan grafik dan tabel diatas kenaikan nilai kuat tekan selalu diiringi dengan kenaikan nilai slump. Namun hal itu tidak berarti bahwa nilai slump sebuah beton dapat menjadi sebuah acuan nilai kuat beton,

dikarenakan workabilitas beton dapat disesuaikan dengan perencanaan agar dapat memudahkan sebuah pekerjaan.

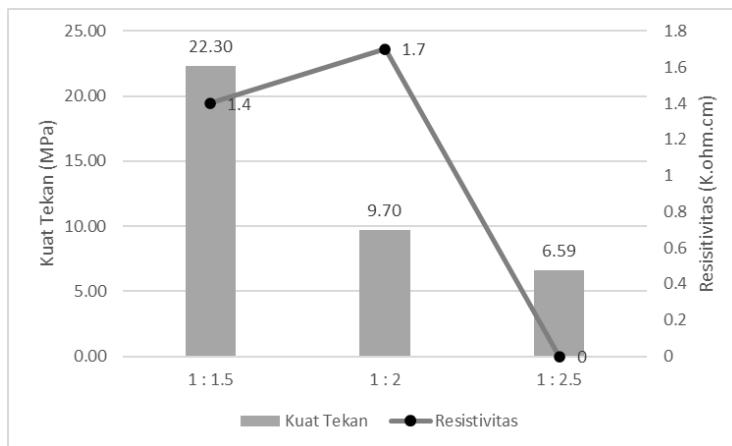
Paul Nugraha dan Antoni (2007) mendeskripsikan kemudahan penggerjaan (workability) adalah kemudahan suatu campuran beton segar untuk dikerjakan dan dipadatkan. Kemudahan penggerjaan dapat dilihat dari nilai slump yang identik dengan tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengjerjaannya.

4.5. Korelasi Kuat Tekan dengan Resistivitas

Korelasi ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara nilai kuat tekan dengan nilai resistivitas beton.

Tabel 4. 16 Rekapitulasi nilai kuat tekan rata-rata umur 28 hari dengan nilai resistivitas

No	Variabel	Kuat Tekan	Resistivitas
1	1 : 1.5	22.30	1.4
2	1 : 2	9.70	1.7
3	1 : 2.5	6.59	0



Gambar 4. 9 Grafik hubungan nilai kuat tekan dengan nilai resistivitas

Tabel dan grafik diatas merupakan hubungan antara nilai kuat tekan dengan nilai resistivitas. Hasil pengujian resistivity hanya ada pada umur 28 hari, dikarenakan pada umur kurang dari 28 hari nilai resistivitas tidak dapat terdeteksi. Selain itu berdasarkan grafik dan tabel diatas tidak dapat ditarik kesimpulan karena kurangnya hasil uji dari sampel lain, serta data yang naik turun. Selain itu selisih dan nilai data hasil uji yang terlalu kecil menjadi penyebab data tidak dapat disimpulkan.

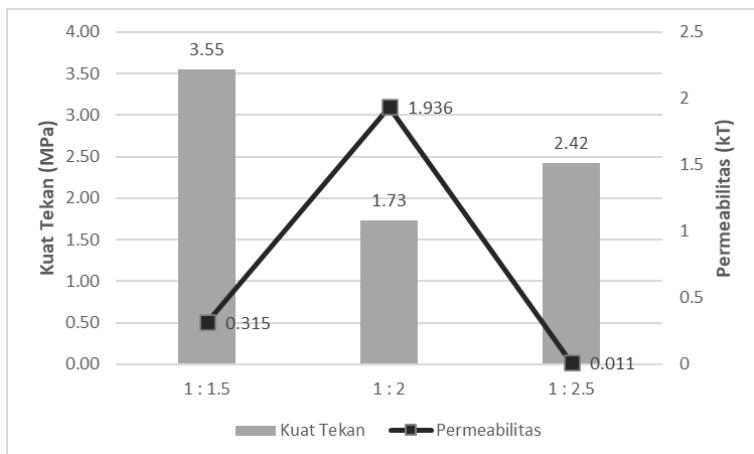
Pada penelitian sebelumnya (Gupta dkk, 2017) menyatakan bahwa terdapat hubungan antara kenaikan angka *resistivity* dengan nilai kuat tekan beton. Menurut (Zainal dkk, 2015), nilai *resistivity* meningkat ketika beton mengering, sampel menjadi lebih padat dan meningkatkan kristalinitas.

4.6.Korelasi Kuat Tekan dengan Permeabilitas

Korelasi ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara nilai kuat tekan dengan nilai resistivitas beton.

Tabel 4. 17 Rekapitulasi nilai kuat tekan rata-rata umur 7 hari dengan nilai permeabilitas

No	Variabel	Kuat Tekan	Permeabilitas
1	1 : 1.5	3.55	0.315
2	1 : 2	1.73	1.936
3	1 : 2.5	2.42	0.011



Gambar 4. 10 Grafik hubungan nilai kuat tekan dengan nilai permeabilitas

Di atas merupakan grafik hubungan antara nilai kuat tekan dan nilai permeabilitas beton pada umur 7 hari, karena hanya pada umur 7 hari semua variasi telah diuji. Namun data-data tersebut tidak dapat disimpulkan dikarenakan adanya kesalahan pada alat pengujian serta kurangnya hasil pengujian dari sampel lain. Selain itu hasil uji permeability memiliki data yang fluktuatif.

Pada dasarnya semakin bertambah umur sebuah beton maka nilai permeabilitas semakin kecil, dimana semakin kecil nilai permeabilitas maka semakin baik pula klasifikasinya. Hal tersebut disebabkan oleh hubungan antara nilai permeabilitas dengan kepadatan beton. Jika kepadatan beton semakin baik, maka beton akan semakin sulit dilewati oleh air, dimana nilai permeabilitasnya semakin baik, selain itu nilai permeabilitas juga berbanding lurus dengan nilai porositas.

Pada penelitian (Zainal dkk, 2015) menyatakan bahwa struktur sampel menjadi lebih padat dan lebih keras setelah hari ke-7 sampai hari ke-28. Dengan beton yang lebih keras maka pori di dalam beton akan saling

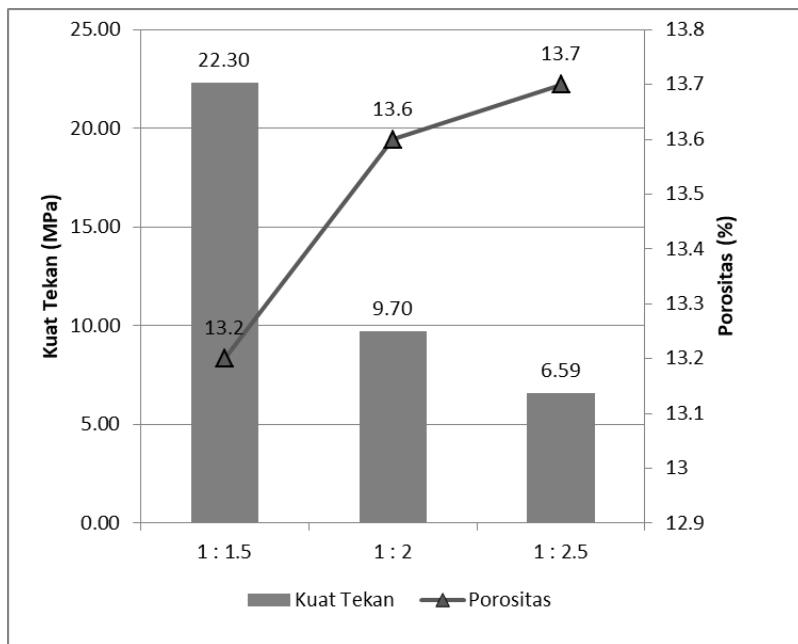
berdekatan dan saling mengikat.

4.7. Korelasi Kuat Tekan dengan Porositas

Korelasi ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara nilai kuat tekan dengan nilai porositas beton.

Tabel 4. 18 Rekapitulasi nilai kuat tekan rata-rata umur 28 hari dengan nilai porositas

No	Variabel	Kuat Tekan	Porositas
1	1 : 1.5	22.30	13.2
2	1 : 2	9.70	13.6
3	1 : 2.5	6.59	13.7



Gambar 4. 11 Grafik hubungan nilai kuat tekan dengan nilai porositas

Dari tabel dan grafik diatas dapat dilihat pada variasi perbandingan 1:1,5 memiliki nilai kuat tekan tertinggi namun nilai porositas paling rendah, kuat tekan mengalami penurunan pada variasi perbandingan 1:2, namun nilai porositas naik. Pada variasi perbandingan 1:2,5 memiliki kuat tekan terendah dan nilai porositas tertinggi.

Berdasarkan grafik dan tabel diatas semakin besar nilai kuat tekan maka semakin kecil nilai porositasnya, hal ini menunjukkan kenaikan nilai kuat tekan berbanding terbalik dengan nilai porositas, dimana semakin kecil nilai porositas maka semakin sedikit rongga yang terdapat didalam beton, sehingga beton menjadi lebih padat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian serta analisa data yang telah dilakukan pada beton geopolimer dengan *fly ash* tipe C, kadar NaOH 10M dengan *superplasticizer* 2% dan variasi 1,5-2,5. Didapat beberapa kesimpulan yaitu :

1. Rangkuman *mix design* beton geopolimer dengan variasi rasio 1:1,5; 1:2 dan 1:2,5 dengan kadar NaOH 10M dan penambahan *superplasticizer* 2% untuk 1m³ beton geopolimer.

Tabel 5. 1 Rangkuman *mix design* beton geopolimer tiap 1m³

	Variasi 1,5	Variasi 2	Variasi 2,5
Fa	600,522 kg	600,522 kg	600,522 kg
MRS	510,695 kg	512,555 kg	513,883 kg
MLS	1146,843 kg	1151,020 kg	1154,003 kg
NaOH	29,306 kg	24,422 kg	20,933 kg
Na ₂ SiO ₃	67,059 kg	74,510 kg	79,833 kg
SP	12,010 kg	12,010 kg	12,010 kg
Air	143,843 kg	141,276 kg	139,443 kg
BJ Beton	2510,279	2516,316	2520,627

2. Dari ketiga variasi beton geopolimer belum ada yang mampu mencapai standar *early high strength*. Serta tidak dapat memenuhi target kuat tekan 35 MPa pada usia 28 hari.
3. Dari hasil uji XRF dan XRD terhadap *fly ash*, didapatkan bahwa *fly ash* yang digunakan adalah tipe C dikarenakan kandungan SiO₂+AlO₃+Fe₂O₃ < 70% serta kadar CaO > 15%, selain itu juga

mengandung beberapa mineral seperti Quartz, Periclae dan Linne.

4. Dari hasil pengujian beton geopolimer pada umur 28 hari didapatkan data sebagai berikut, rasio perbandingan 1:1,5 memiliki kuat tekan 22,53 MPa, nilai resistivitas 1,4 K.Ω.cm, nilai porositas 13,2% dan nilai slump 23 cm. Rasio perbandingan 1:2 memiliki kuat tekan 9,7 MPa, nilai resistivitas 1,7 K.Ω.cm, nilai porositas 13,6% dan nilai slump 20 cm. Rasio perbandingan 1:2,5 memiliki kuat tekan 6,59 MPa, nilai resistivitas tidak dapat terdeteksi, nilai porositas 13,7% dan nilai slump 10 cm.
5. Rasio optimum untuk formula beton dengan konsentrasi NaOH 10M dan *superplasticizer* 2% adalah rasio perbandingan 1:1,5. Rasio perbandingan 1:1,5 memiliki kuat tekan yang lebih besar dibandingkan dengan variasi perbandingan 1:2 dan variasi perbandingan 1:2,5 mulai dari umur 1 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari hingga 28 hari. Selain itu variasi perbandingan 1:1,5 juga memiliki nilai porositas yang rendah dan *workability* yang baik, namun memiliki nilai resistivitas yang kecil.

5.2. Saran

Saran yang didapat dari penelitian ini agar dapat meminimalisir kesalahan serta tidak terulang kembali pada penelitian selanjutnya adalah :

1. Pada saat pengujian, seharusnya benda uji yang digunakan memiliki ukuran yang sama agar dapat meminimalisir nilai standar deviasi.
2. Pada saat proses *curing* beton usahakan dilakukan pada suhu dan kelembapan yang sama, jika kondisi tidak memenuhi maka catat suhu serta kelembapan

pada saat proses *curing* sebagai parameter pertimbangan.

3. Dokumentasikan seluruh proses kegiatan dan hasil pengujian untuk menambah informasi dalam menganalisa data.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 363. (1997). State-of-the-Art Report on High-Strength Concrete. *American Concrete Institute*, 92(Reapproved), 55.
- Alfi, Muhsinah. 2017. *Studi Penggunaan Ampas Tebu Dan Fly Ash Pada Pasta Geopolimer*. Surabaya : Tugas Akhir Diploma Empat Teknik Sipil ITS.
- ASTM C494. C494M-13. 2002. Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete. *ASTM International*.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. *SNI 1972-2008, Cara uji slump beton*.
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. *SNI 1974-2011, Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder*.
- Carrasquillo, R. L., Nilson, A. H., & Slate, F. O. (1981). PROPERTIES OF HIGH STRENGTH CONCRETE SUBJECT TO SHORT-TERM LOADS. *Journal of the American Concrete Institute*. <https://doi.org/10.14359/6914>
- Carrasquillo, R. L., Slate, F. O., & Nilson, A. H. (1981). MICROCRAKING AND BEHAVIOR OF HIGH STRENGTH CONCRETE SUBJECT TO SHORT-TERM LOADING. *Journal of the American Concrete Institute*. <https://doi.org/10.14359/6915>
- Ekaputri, J.J. dan Triwulan. 2013. *Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash, Trass, dan Lumpur Sidoarjo*. Journal of Civil Engineering vol.20 no.1 April 2013. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Farizka, & Darma. (2018). Studi Experimental Pengaruh

- Perbedaan Molaritas. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 7, 89–98.
 Retrieved from
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkts/article/viewFile/19368/18372>
- Hardjito, D. (2005). *Studies on Fly Ash-Based Geopolymer Concrete*. Perth: Curtin's Institutional Research Repository.
- Nehdi, M., & Soliman, A. M. (2011). Early-age properties of concrete: Overview of fundamental concepts and state-of-the-art research. *Proceedings of Institution of Civil Engineers: Construction Materials*, 164(2), 57–77.
<https://doi.org/10.1680/coma.900040>
- PARROTT LJ. (1969). THE PRODUCTION AND PROPERTIES OF HIGH-STRENGTH CONCRETE. *Concrete (London)*.
- PBI 1971 N.I. - 2. (1971). Peraturan Beton Bertulang indonesia 1971 N.I. - 2. Jakarta: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 7, 130.
- Phoo-Ngernkham, T., Phiangphimai, C., Damrongwiriyapap, N., Hanjitsuwan, S., Thumrongvut, J., & Chindaprasirt, P. (2018). A Mix Design Procedure for Alkali-Activated High-Calcium Fly Ash Concrete Cured at Ambient Temperature. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2018.
<https://doi.org/10.1155/2018/2460403>
- Restu, Freizna Septiva. 2017. *Pengaruh Penggunaan Limbah Cangkang Kerang Dan Fly Ash Pada Binder Geopolimer*. Surabaya : Tugas Akhir Diploma Empat Teknik Sipil ITS.
- Škvára, F., Svoboda, P., Doležal, J., Kopecký, L., Pawlasová, S., Myšková, L., ... Šulc, R. (2006). Concrete based on fly ash geopolymers. *Materials, Experimentation, Maintenance and Rehabilitation - Proceedings of the 10th East Asia-Pacific*

*Conference on Structural Engineering and Construction,
EASEC 2010.*

Thahir, Zainal Abidin. 2017. *Pemanfaatan Fly Ash Dan Bottom
Ash Dari PLTU Suralaya Banten Untuk Pembuatan
Geopav.* Surabaya : Tugas Akhir Teknik Sipil ITS.

Wijaya, Adhitya Leonard. 2017. *Studi Karakterisasi Material Fly
Ash Terhadap Kemampuan Pasta Geopolymer.* Surabaya :
Tugas Akhir Teknik Sipil ITS.

Yasin, A. K. (2017). Rekayasa Beton Geopolimer Berbasis Fly
Ash. *Tugas Akhir Terapan.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Pratista Septian Alfa Rizi

Penulis dilahirkan di Sidoarjo pada tanggal 19 September 1997 dan merupakan anak tunggal. Penulis bernama lengkap Pratista Septian Alfa Rizi telah menempuh pendidikan formal di SDN Percobaan Surabaya (2003-2009), SMPN 22 Surabaya (2009-2012), SMAN 15 Surabaya (2012-2015) dan Politeknik Negeri Jember (2015-2017). Penulis mengikuti ujian seleksi program diploma dan diterima di Program Studi Diploma IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS, dengan NRP. 10111610013062. Total delapan semester dengan 144 SKS telah dijalani penulis hingga lulus dari program studi ini. Selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif dalam kepanitiaan kegiatan organisasi mahasiswa, seperti Elemen Pengader HMDS pada tahun 2017 dan 2018, Staff Medis D'village HMDS 6th Edition dan Staff PDD ITS OPEN 2018. Bagi penulis adalah sesuatu yang dapat disyukuri terlibat didalam dunia Teknik Sipil yang merupakan ilmu yang sangat luas dan mencakup banyak bidang keilmuan. Semoga apa yang penulis tempuh sampai saat ini, mudah-mudahan dapat bermanfaat dunia dan akhirat. Aamiin...

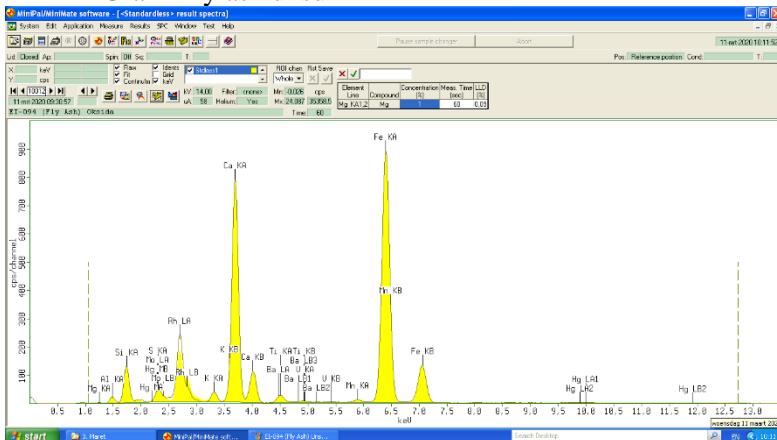
Penulis dapat dihubungi via email : pratista.septian@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

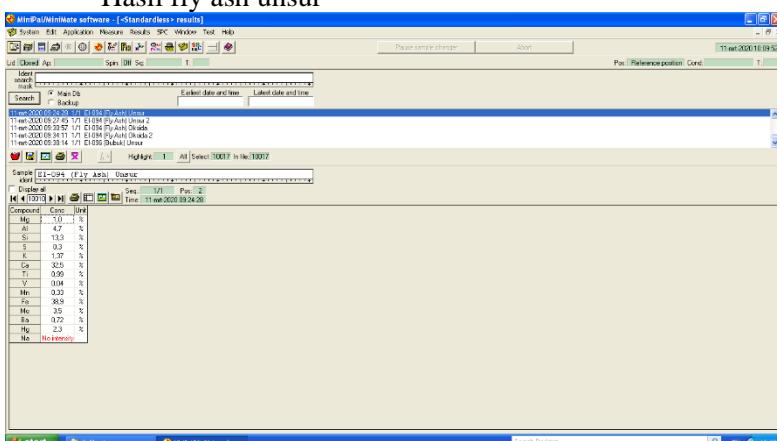
LAMPIRAN

a. Hasil uji XRF Fly ash

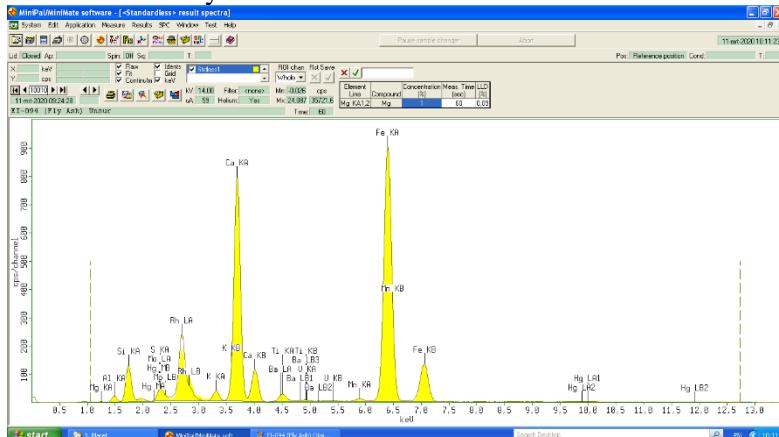
Grafik fly ash unsur



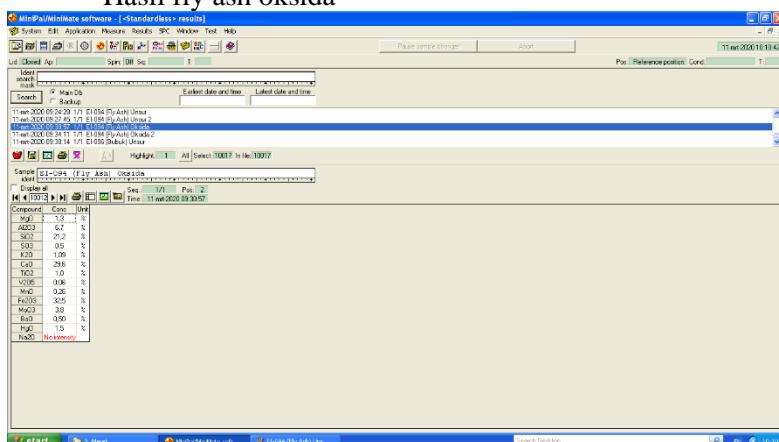
Hasil fly ash unsur



Grafik fly ash oksida



Hasil fly ash oksida

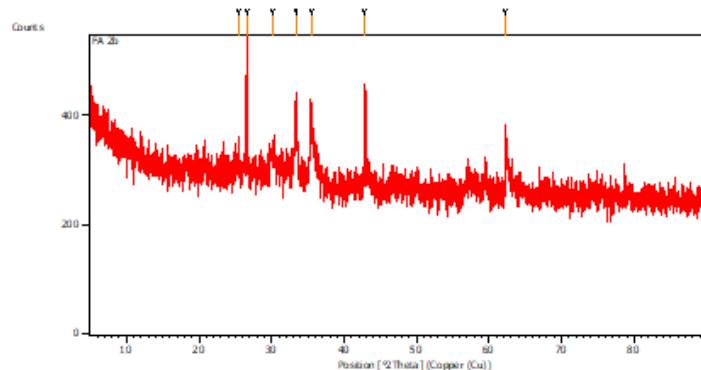


b. Hasil Uji XRD Fly ash

This is the simple example template containing only headers for each report item and the bookmarks. The invisible bookmarks are indicated by text between brackets.
Modify it according to your own needs and standards.

Measurement Conditions: (Bookmark 1)

Dataset Name	FA 2b
File name	E:\DATA PENGUJIAN\Pengujian 2020\Juni\Sarah\FA 2b\FA 2b.xrdml
Comment	Configuration=Reflection-Transmission Spinner, Owner=User-1, Creation date=1/15/2016 11:44:36 AM
	Goniometer=PW3050/60 (Theta/Theta); Minimum step size 2Theta:0.001; Minimum step size Omega:0.001
	Sample stage=Reflection-Transmission Spinner PW3064/60; Minimum step size Phi:0.1
	Diffractometer system=XPERT-PRO
	Measurement program=C:\PANalytical\XRD\Programs\Scan 5-90_spin4.xrdmp, Identifier={EA1354A2-691F-46A9-86C1-7E2BBE6F477A}
Measurement Date / Time	6/22/2020 11:21:39 AM
Operator	Institut Teknologi
Raw Data Origin	XRD measurement (*.XRDML)
Scan Axis	Gonio
Start Position [°2Th.]	5.0084
End Position [°2Th.]	89.9744
Step Size [°2Th.]	0.0170
Scan Step Time [s]	10.1600
Scan Type	Continuous
PSD Mode	Scanning
PSD Length [°2Th.]	2.12
Offset [°2Th.]	0.0000
Divergence Slit Type	Fixed
Divergence Slit Size ["]	0.2177
Specimen Length [mm]	10.00
Measurement Temperature [°C]	25.00
Anode Material	Cu
K-Alpha1 [\AA]	1.54060
K-Alpha2 [\AA]	1.54443
K-Beta [\AA]	1.39225
K-A2 / K-Al Ratio	0.50000
Generator Settings	30 mA, 40 kV
Diffractometer Type	0000000011119014
Diffractometer Number	0
Goniometer Radius [mm]	240.00
Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]	100.00
Incident Beam Monochromator	No
Spinning	Yes

Main Graphics, Analyze View: (Bookmark 2)**Peak List:** (Bookmark 3)

Pos. [$^{\circ}$ 2Th]	Height [cts]	FWHM Left [$^{\circ}$ 2Th.]	d-spacing [\text{\AA}]	Rel. Int. [%]
25.4738	27.45	0.2007	3.49673	11.62
26.6090	236.35	0.1338	3.35006	100.00
30.0823	36.83	0.5353	2.97071	15.58
33.3448	151.80	0.1004	2.68714	64.23
35.4647	106.18	0.2676	2.53122	44.92
42.8882	167.24	0.0836	2.10873	70.76
62.2825	96.23	0.1004	1.49074	40.71

Pattern List: (Bookmark 4)**Document History:** (Bookmark 5)

Insert Measurement:

- File name = "FA_2b.xrdml"
- Modification time = "7/4/2020 2:06:00 PM"
- Modification editor = "Teknik Material"

Default properties:

- Measurement step axis = "None"
- Internal wavelengths used from anode material: Copper (Cu)
- Original K-Alphal wavelength = "1.54060"
- Used K-Alphal wavelength = "1.54060"

- Original K-Alpha2 wavelength = "1.54443"
- Used K-Alpha2 wavelength = "1.54443"
- Original K-Beta wavelength = "1.39225"
- Used K-Beta wavelength = "1.39225"
- Irradiated length = "10.00000"
- Receiving slit size = "0.10000"
- Step axis value = "0.00000"
- Offset = "0.00000"
- Sample length = "10.00000"
- Modification time = "7/4/2020 2:06:00 PM"
- Modification editor = "Teknik Material"

Interpolate Step Size:

- Derived = "Yes"
- Step Size = "0.01"
- Modification time = "7/4/2020 2:06:00 PM"
- Modification editor = "PANalytical"

Search Peaks:

- Minimum significance = "1"
- Minimum tip width = "0.02"
- Maximum tip width = "1"
- Peak base width = "2"
- Method = "Minimum 2nd derivative"
- Modification time = "2/6/2020 2:10:27 PM"
- Modification editor = "Teknik Material"

[More items... \(Bookmark 6\)](#)

[More items... \(Bookmark 7\)](#)

[More items... \(Bookmark 8\)](#)

[More items... \(Bookmark 9\)](#)

[More items... \(Bookmark 10\)](#)

[More items... \(Bookmark 11\)](#)

[More items... \(Bookmark 12\)](#)

[More items... \(Bookmark 13\)](#)

[More items... \(Bookmark 14\)](#)

[More items... \(Bookmark 15\)](#)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

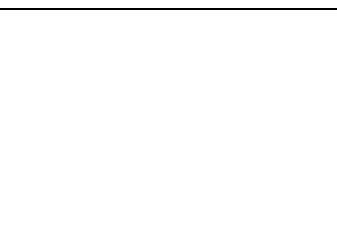
LOG BOOK PENELITIAN TUGAS AKHIR
PENELITIAN BETON GEOPOLIMER VARIASI PERBANDINGAN ALKALI AKTIVATOR
DENGAN MOLARITAS SODIUM HIDROKSIDA 16 M

Hari dan Tanggal	Kegiatan	Pelaksana	Lokasi	Waktu	Keterangan	Dokumentasi
Senin, 3 Feb 2020	Uji berat volume NaOH	Yosi, Syafiq, Ian, Ferdi, Atho, Hermawan, Nisar, Jihad	LMSG	12.30-16.00	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Berat jenis berbeda dengan NaOH yang pernah diuji oleh Pak Husin <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pengujian berat volume menggunakan piknometer agar lebih teliti 	
Selasa, 4 Feb 2020	Melanjutkan pengujian berat volume NaOH	Yosi, Syafiq, Ian, Ferdi, Atho, Hermawan	LMSG	12.30-15.00	<p>Kendala : -</p> <p>Solusi : -</p>	
Kamis, 6 Feb 2020	Membeli dan memasukkan pasir ke dalam sak	Yosi, Hermawan, Syafiq, Ian, Ferdi, Jihad	LMSG	12.30-16.00	<p>Kendala : -</p> <p>Solusi : -</p>	

Jum'at, 7 Feb 2020	Menempatkan dan menata pasir yang sudah di sak	Yosi, Hermawan, Syafiq, Ian, Ferdi, Jihad, Atho, Nisar	LMSG	12.30-15.00	Kendala : - Kuantitas pasir terlalu banyak, membutuhkan gerobak. Gerobak yang dipakai sudah berkarat, sehingga saat digunakan, as rodanya patah Solusi : - Membeli gerobak	
	Membeli gerobak	Yosi, Ferdi, Jihad, Atho, Nisar	UD Matahari	15.30-16.30	Kendala : - Penjual tidak bisa mengantarkan gerobak ke kampus Solusi : - Gerobak dibawa dengan menggunakan motor	
Senin, 10 Feb 2020	Mengayak pasir	Yosi, Ferdi, Atho, Nisar, Hermawan	LMSG	12.30-15.00	Kendala : - Solusi : -	
Selasa, 11 Feb 2020	Mengayak pasir	Yosi, Ferdi, Atho, Nisar, Hermawan, Syafiq, Ian, Yusuf, Tossan	LMSG	12.30-15.00	Kendala : - Solusi : -	

Rabu, 12 Feb 2020	Mengayak pasir	Yosi, Ferdi, Atho, Nisar, Hermawan, Syafiq, Ian, Yusuf	LMSG	11.00-15.00	Kendala : - Solusi : -	
Kamis, 13 Feb 2020	Mengayak pasir	Yosi, Ferdi, Atho, Nisar, Hermawan, Syafiq, Ian, Yusuf	LMSG	11.30-15.00	Kendala : - Solusi : -	
Selasa, 18 Feb 2020	Mengayak pasir	Yosi, Ferdi, Hermawan, Syafiq, Ian, Jihad	LMSG	12.00-15.00	Kendala : - Solusi : -	
	Mencari penyewaan pick up untuk pengambilan fly ash	Hermawan, Syafiq	Sewa Pick Up Pakis	15.00-16.00	Kendala : - Solusi : -	

	Rapat koordinasi	Yosi, Ferdi, Hermawan, Syafiq, Ian, Jihad, Atho, Sarah, Sarah, Sabrina, Tossan, Angga	Ruang Rapat LMSG	16.00-17.20	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Belum membuat perijinan pengambilan <i>fly ash</i> <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Membuat surat perijinan ke Pak Tamirin 	
Rabu, 19 Feb 2020	Mengambil <i>fly ash</i> di mesh paiton	Yosi, Ferdi, Ian, Atho, Syafiq, Hermawan	Mesh Paiton	11.00-21.00	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sopir pick up terlambat - Kuantitas <i>fly ash</i> kurang <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sebelum berangkat, diingatkan lagi untuk pengambilan <i>fly ash</i> berikutnya 	 
	Memindahkan <i>fly ash</i> ke LMSG	Yosi, Ferdi, Ian, Atho, Syafiq, Hermawan, Nisar	LMSG	21.00-23.00	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Laboratorium terkunci <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mengambil kunci lab. Ke Pak Ridho 	

Kamis, 20 Feb 2020	Memindah <i>fly ash</i> dari sak ke box kontainer dan mengayak pasir	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan	LMSG	12.00-15.00	<p>Kendala : -</p> <p>Solusi : -</p>	
Jum'at, 21 Feb 2020	Membeli dan memasukkan kerikil ke sak	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan	LMSG	12.00-15.00	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Penempatan kerikil tidak tersedia <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Minta tempat ke Pak Wandi 	
Senin, 24 Feb 2020	Membeli minyak tanah untuk pengujian berat jenis <i>fly ash</i>	Yosi, Syafiq	Pucang Anom	12.00-13.00	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Minyak tanah sulit ditemukan <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bertanya tempat pembelian minyak tanah di warga perkampungan 	
	Menguji berat jenis <i>fly ash</i>	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	Pucang Anom	13.00-16.00	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Terdapat kerak semen yang sulit dibersihkan di piknometer, bekas praktikum mahasiswa <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Meminjam piknometer di Lab Tanah 	

Selasa, 25 Feb 2020	Asistensi <i>mix design</i> dengan Pak Husin	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	Ruang Rapat LMSG	14.00-16.00	Kendala : - Solusi : -	
Rabu, 26 Feb 2020	- Menyiapkan mold untuk pengecoran - Grinding dan cor beton NaOH 8M 1,5 SP 2% (Syafiq) dan NaOH 10M 1 SP 0,5% (Jihad) - Membersihkan bola <i>grinding</i>	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	08.00-17.00	Kendala : - Alat grinding sering mati secara tiba-tiba Solusi : -	
Kamis, 27 Feb 2020	- Grinding dan cor beton NaOH 14M 1 SP 2% (Yosi) dan NaOH 12M 1 SP 0% (Ferdi) - Membersihkan bola <i>grinding</i>	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG	08.00-17.00	Kendala : - Kerikil bercampur lumpur dan pasir basah terkena hujan Solusi : - Cuci kerikil dan jemur pasir	
	Mengayak kerikil untuk pengecoran hari selanjutnya	Ian, Hermawan, Jihad	LMSG	19.00-21.00	Kendala : - Solusi : -	

Jum'at, 28 Feb 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Grinding dan cor beton NaOH 10M 2,5 SP 2% (Ian) dan NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan) - Membersihkan bola <i>grinding</i> 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	08.00-17.00	<p>Kendala : - Mold beton habis, membuka mold beton milik Syafiq. Ketika membuka mold beton, kondisi beton masih belum kering, sehingga betonnya rusak</p> <p>Solusi : - <i>Reschedule</i> jadwal pengecoran. Pengecoran dengan molaritas rendah dijadwalkan demolding minimal 3 hari setelah cor</p>	
Senin, 2 Mar 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Grinding dan cor beton NaOH 8M 1,5 SP 2% (Syafiq) - Membersihkan bola <i>grinding</i> 	Yosi, Syafiq, Ian	Brataco	13.00-14.30	<p>Kendala : -</p> <p>Solusi : -</p>	
Selasa, 3 Mar 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Grinding dan cor beton NaOH 14M 2,5 SP 2% (Nisar) dan NaOH 14M 1 SP 0% (Atho) - Membersihkan bola <i>grinding</i> 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	08.00-13.00	<p>Kendala : -</p> <p>Solusi : -</p>	
		Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG	08.00-19.00	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuaca mendung, sehingga aggregat lama mengering <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Menunggu hingga agregat benar-benar kering 	

Rabu, 4 Mar 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Grinding dan cor beton NaOH 10M 1 SP 0% (Jihad), Grinding - NaOH 10M 2 SP 2% (Ian) - Membersihkan bola <i>grinding</i> 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG	08.00-17.00	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuaca mendung, sehingga aggregat lama mengering <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Menunggu hingga agregat benar-benar kering 	
Kamis, 5 Mar 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Grinding dan cor beton NaOH 8M 1 SP 2% (Yosi) dan NaOH 12M 1 SP 0,5% (Ferdi) - Membersihkan bola <i>grinding</i> 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG	08.00-22.00	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kondisi pasir basah terkena hujan, setelah dijemur masih belum bisa kering <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pasir dipanaskan menggunakan kompor 	
Jum'at, 6 Mar 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Grinding dan cor beton NaOH 10M 2,5 SP 2% (Ian) dan NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan) - Uji kuat tekan beton NaOH 10M 2,5 SP 2% (Ian) - Memindahkan sampel beton ke lab. lantai 2 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG dan Lab Jalan	08.00-20.00	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kondisi pasir basah terkena hujan, setelah dijemur masih belum bisa kering <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pasir dipanaskan menggunakan kompor di Lab Jalan 	
Senin, 9 Mar 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Grinding NaOH 10M 1 SP 2% (Yosi) dan cor NaOH 10M 2 SP 2% (Ian) - Membersihkan bola <i>grinding</i> 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG	08.00-17.00	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alat cor rusak, sehingga pekerjaan dihentikan <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Memanggil tukang servis tanggal 10 Maret 	

Selasa, 10 Mar 2020	- Menyiapkan agragat untuk cor dan membersihkan mold - Membeli NaOH	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG dan Brataco	08.00-15.00	Kendala : - Solusi : -	
Rabu, 11 Mar 2020	- Grinding dan cor NaOH 10M 1 SP 0,5% (Jihad) dan NaOH 14M 1,5 SP 2% (Nisar) - Membersihkan mold untuk persiapan pengecoran berikutnya	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG	08.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	
Kamis, 12 Mar 2020	- Cor NaOH 10M 1 SP 2% (Yosi), NaOH 8M 1,5 SP 2% (Syafiq), dan Grinding cor NaOH 14M 1 SP 0,5% (Atho) - Membersihkan bola grinding	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG	08.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	
Jum'at, 13 Mar 2020	- Cor NaOH 12M 1 SP 1% (Ferdi), Grinding cor NaOH 10M 2 SP 2% (Ian) dan Grinding NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan) - Membersihkan bola grinding	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG	08.00-17.00	Kendala : - Alat molen mati saat pengecoran terakhir Solusi : - Agregat didiamkan dalam molen hingga dapat dinyalakan kembali	

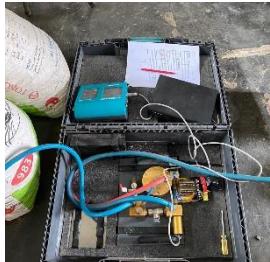
Senin, 30 Mar 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Mencuci kerikil serta menjemur pasir dan kerikil - Pengujian kuat tekan, permability, resistivity, dan porositas - Melepas mold untuk pembuatan benda uji berikutnya - Belanja APD untuk mencegah penyakit corona serta membeli NaOH dan metasilika 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG dan Brataco	08.30-10.00	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wabah penyakit corona menyebabkan resiko penyakit dan menghambat pekerjaan beton <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Membeli alat APD dan sabun untuk mencegah penyakit 	 
Selasa, 31 Mar 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Memotong dan beton untuk pengujian permeabilitas, kuat tekan, dan porositas (Ferdi NaOH 12M 1 SP 0%, Ian, Atho NaOH 14M 1 SP 0%, Syafiq NaOH 8M 2,5 SP 2%, Nisar NaOH 14M 2,5 SP 2%, Hermawan NaOH 16M 2,5 SP 2%)) - Mencuci kerikil serta menjemur pasir dan kerikil 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	08.00-17.00	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Terlalu banyak beton yang diuji, sehingga alat permeabilitas perlu dikalibrasi beberapa kali <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kalibrasi alat permeabilitas 	

Rabu, 1 Aprl 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Memotong beton dan uji permeabilitas, kuat tekan, dan porositas (Jihad NaOH 10M 1 SP 0%) - Membersihkan mold, grinding NaOH 14M 1 SP 1% (Atho) dan NaOH 14M 1,5 SP 2% (Nisar) - Menyiapkan agregat untuk pengecoran 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	08.00-17.00	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Permukaan bawah beton banyak pori <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Memotong bagian atas beton untuk permeabilitas 	
Kamis, 2 Aprl 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Grinding NaOH 12M 1 SP 2% (Yosi), NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan), NaOH 12M 1 SP 1,5% (Ferdi) dan NaOH 10M 2 SP 2% (Ian) - Uji resistivity dan kuat tekan NaOH 8M 1 SP 2% (Yosi) 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	08.00-17.00	<p>Kendala : -</p> <p>Solusi : -</p>	

Jum'at, 3 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Grinding NaOH 10M 1 SP 1% dan 1,5% (Jihad) dan NaOH 8M 2 SP 2% (Syafiq) - Cor NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan) - Memotong beton dan uji permeabilitas, kuat tekan, dan porositas (Hermawan NaOH 16M 1,5 SP 2% dan Ferdi NaOH 12M 1 SP 0,5%) - Menyiapkan mold 10x20 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	08.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	
Sabtu, 4 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Grinding NaOH 10M 1 SP 1,5% (Atho) dan NaOH 14M 0,5 SP 2% (Nisar) - Menyiapkan mold 10x20 - Membersihkan bola grinding 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	08.00-15.00	Kendala : - Solusi : -	

Senin, 6 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Cor NaOH 12M 1 SP 2% (Yosi), NaOH 10M 1 SP 1% (Jihad), dan NaOH 14M 1 SP 1 (Atho) - Memotong beton dan uji permeabilitas, kuat tekan, dan porositas (Ian NaOH 12M 2 SP 2%) - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Membersihkan bola <i>grinding</i> 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	08.00-17.00	<p>Kendala : -</p> <p>Solusi : -</p>	
Selasa, 7 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Mengayak agregat kasar (kerikil) - Cor NaOH 14M 2,5 SP 2% (Nisar) dan NaOH 14M 1 SP 1,5% (Atho) 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	10.00-17.00	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Terjadi kesalahan penimbangan material, sehingga beton segar tidak dapat tercampur saat dilakukan pengecoran <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beton ditambah dengan air lalu dijadikan sebagai plat untuk tempat mold 	
Rabu, 8 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Mengayak agregat kasar - Cor NaOH 10M 1 SP 1,5% (Jihad) dan NaOH 8M 2 SP 2% (Syafiq) - Membersihkan bola-bola baja 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	08.00-17.00	<p>Kendala : -</p> <p>Solusi : -</p>	

Kamis, 9 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Mengayak agregat kasar - Grinding NaOH 8M 1 SP 2% (Yosi), Cor NaOH 12M 1 SP 1,5% (Ferdi), Grinding dan Cor NaOH 14M 1 SP 1,5% (Nisar) - Memotong beton dan uji permeabilitas, kuat tekan, dan porositas (Syafiq NaOH 8M 1,5 SP 2% dan Atho NaOH 14M 1 SP 0,5%) - Membersihkan bola-bola baja 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	08.00-17.00	<p>Kendala : -</p> <p>Solusi : -</p>	
Jum'at, 10 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Mengayak agregat kasar - Cor NaOH 8M 1 SP 2% (Yosi) 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	08.00-15.00	<p>Kendala : -</p> <p>Solusi : -</p>	

Sabtu, 11 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Mengayak agregat kasar - Grinding NaOH 8M 2,5 SP 2% (Syafiq), NaOH 12M 1 SP 0,5% (Ferdi), dan NaOH 16M 1,5 SP 2% (Hermawan) - Membersihkan bola-bola baja 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	08.00-17.00	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alat grinding sering mati (<i>error</i>) <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 	
Senin, 13 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Mengayak agregat kasar - Cor NaOH 12M 1 SP 0,5% (Ferdi) - 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%) 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	08.00-17.00	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pompa permeabilitas panas <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pengujian dihentikan hingga pompa menjadi dingin 	
Selasa, 14 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Mengayak agregat kasar - Grinding NaOH 14M 2 SP 2% (Nisar) dan NaOH 14M 1 SP 0% (Atho), Cor NaOH 8M 2,5 SP 2% (Syafiq) - 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%) 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	08.00-17.00	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alat pompa permeabilitas tidak bisa digunakan - Alat grinding sering mati <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Service pompa 	

Rabu, 15 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Mengayak agregat kasar - Grinding dan Cor NaOH 12M 1 SP 0% (Ferdi), Cor NaOH 14M 2 SP 2% (Nisar) - Uji kuat tekan dan resistivity (Jihad NaOH 10M 1,5 SP 2%) 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG	08.00-12.00	Kendala : - Solusi : -	
Kamis, 16 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Mengayak agregat kasar dan menjemur agregat halus - 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) - Memotong beton dan uji kuat tekan serta resistivity (Nisar NaOH 14M 1,5 SP 2% dan Ferdi NaOH 12M 1 SP 1,5%) 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG	10.00-17.00	Kendala : - Alat grinding mati berkali-kali Solusi : -	
Jum'at, 17 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Mengayak agregat kasar dan menjemur agregat halus - Grinding NaOH 10M 1 SP 2% (Yosi) dan NaOH 8M 1,5 SP 2% (Syafiq), Cor NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan) - Membersihkan bola-bola baja 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG	10.00-12.00	Kendala : - Solusi : -	

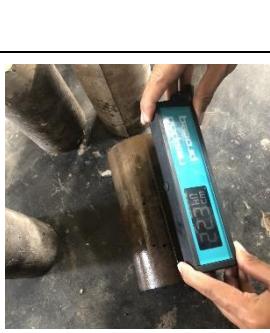
Sabtu, 18 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Mengayak agregat kasar dan menjemur agregat halus - Grinding NaOH 12M 1 SP 1% (Ferdi), NaOH 14M 1 SP 0% (Atho), NaOH 10M 2,5 SP 2% (Ian), serta Cor NaOH 10M 1 SP 2% (Yosi) 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG	10.00-19.00	<p>Kendala : - Kegiatan penelitian dimulai saat siang hari, sehingga selesai saat hari mulai gelap</p> <p>Solusi : - Memulai kegiatan lebih pagi apabila banyak agenda penelitian</p>	
Senin, 20 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Mengayak agregat kasar dan menjemur agregat halus - 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) - Uji permeabilitas, kuat tekan, dan resistivity (Atho NaOH 14 M 1 SP 1%) - Membersihkan bola-bola baja 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG	10.00-17.00	<p>Kendala :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alat grinding dan cor mati berkali-kali - Alat permeabilitas masih belum bisa digunakan <p>Solusi :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Menunggu laporan dari Pak Wandi pada hari Selasa 	

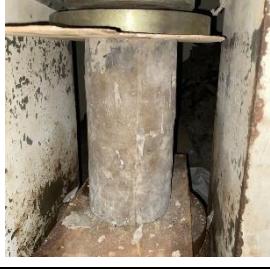
Selasa, 21 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Mengayak agregat kasar dan menjemur agregat halus - Grinding NaOH 8M 1 SP 0% (Yosi), Cor NaOH 16M 1,5 SP 0% (Hermawan), Grinding 14M 1 SP 0,5% (Atho) 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG	10.00-17.00	Kendala : - Alat grinding dan cor mati berkali-kali Solusi : -	
	<ul style="list-style-type: none"> - Uji permeabilitas, kuat tekan, dan resistivity (Yosi NaOH 12M 1 SP 0% dan Atho NaOH 14M 1 SP 1,5%) - Membersihkan bola-bola baja - Memperbaiki alat permeabilitas 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG	10.00-17.00	Kendala : - Alat grinding dan cor mati berkali-kali Solusi : -	
Rabu, 22 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Mengayak agregat kasar dan menjemur agregat halus - 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) - Uji permeability, kuat tekan, dan resistivity (Ferdi NaOH 12M 1 SP 0%) 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG	10.00-17.00	Kendala : - Alat grinding dan cor mati berkali-kali Solusi : -	

Kamis, 23 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Mengayak agregat kasar dan menjemur agregat halus - Grinding NaOH 10M 1 SP 0% (Jihad) dan NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan), Cor NaOH 14M 1 SP 0,5%) 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG	08.00-17.00	Kendala : - Alat grinding dan cor mati berkali-kali Solusi : -	
	<ul style="list-style-type: none"> - Uji permeability, kuat tekan, dan resistivity (Ferdi NaOH 12M 1 SP 1,5% dan NaOH 12M 1 SP 0%, Hermawan NaOH 16M 2 SP 2%) - Membersihkan bola-bola baja 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG	08.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	
Jum'at, 24 April 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Mengayak agregat kasar dan menjemur agregat halus - Grinding NaOH 10M 1 SP 0,5% (Jihad) dan Cor NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan) - Membersihkan bola-bola baja 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian, Yusuf	LMSG	08.00-17.00	Kendala : - Alat grinding dan cor mati berkali-kali Solusi : -	

Sabtu, 25 Aprl 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Mengayak agregat kasar dan menjemur agregat halus - Cor NaOH 10M 1 SP 0% (Jihad) - Uji permeability, kuat tekan, dan porosity (Yosi NaOH 10M 1 SP 2%, Hermawan NaOH 16M 1,5 SP 2%) 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	08.00-14.00	<p>Kendala : - Alat grinding dan cor mati berkali-kali</p> <p>Solusi : -</p>	
Senin, 27 Aprl 2020	<ul style="list-style-type: none"> - Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Mengayak agregat kasar dan menjemur agregat halus - Cor NaOH 10M 1 SP 0,5% (Jihad) - Uji permeability, resistivity, kuat tekan, dan porosity (Ferdi NaOH 12M 1 SP 0,5% 7 hari, Ferdi NaOH 12M 1 SP 0,5% 14 hari, Ian NaOH 10M 2 SP 2% 14 hari) 	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	12.00-17.00	<p>Kendala : <ul style="list-style-type: none"> - Alat grinding dan cor mati berkali-kali - Alat permeability susah untuk dikalibrasi </p> <p>Solusi : -</p>	
Selasa, 28 Aprl 2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan porosity (Syafiq NaOH 8M 2,5 SP 2% 14 hari)	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	12.00-17.00	<p>Kendala : - Alat permeability tidak bisa digunakan</p> <p>Solusi : -</p>	

	Uji setting time (Atho NaOH 14 M 1 SP 0%)	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	12.00-17.00	Kendala : - Semen geopolimer kurang halus, sehingga adonan beton cepat mengeras Solusi : - Dihaluskan menggunakan mortar	
Rabu, 29 April 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)	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	12.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	
Kamis, 30 April 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)	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	12.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	
Jum'at, 1 Mei 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 2% 14 hari)	Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG	12.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	

Senin, 4 Mei 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)	Yosi, Jihad, Atho, Ferdi	LMSG	12.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	
Selasa, 5 Mei 2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan porosity (Atho NaOH 14M 1 SP 1,5% 28 hari)	Jihad, Atho	LMSG	12.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	
Rabu, 6 Mei 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)	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG	12.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	
Kamis, 7 Mei 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 0,5% 56 hari)	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG	12.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	

Jum'at, 8 Mei 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 hari)	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG	12.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	
Senin, 11 Mei 2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan porositas (Jihad NaOH 10M 1 SP 0,5% 14 hari, Syafiq NaOH 8M 2 SP 2% 56 hari)	Jihad, Syafiq	LMSG	12.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	
Selasa, 12 Mei 2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan porositas (Syafiq NaOH 8M 2,5 SP 2% 28 hari, Atho NaOH 14M 1 SP 0% 28 hari)	Syafiq, Atho	LMSG	12.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	
Kamis, 14 Mei 2020	Uji UPV(Jihad NaOH 10M 1 SP 0%; 1%; 1,5%, Ferdi NaOH 12M 1 SP 0%; 1%; 1,5%)	Yosi, Jihad, Ferdi	LMSG	12.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	

Jum'at, 15 Mei 2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan porositas (Hermawan NaOH 16M 2,5 SP 0% 28 hari)	Hermawan, Yosi, Jihad, Ferdi	LMSG	13.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	
Senin, 18 Mei 2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan UPV (Yosi NaOH 10M 1 SP 2% 28 hari)	Yosi, Jihad, Ferdi	LMSG	12.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	
Selasa, 19 Mei 2020	- Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran - Mengayak agregat kasar - Uji porositas (Yosi NaOH 8M 1 SP 2% 28 hari) - Uji resistivity, kuat tekan, dan porositas (Hermawan NaOH 16M 1,5 SP 0% 28 hari)	Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Jihad	LMSG	13.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	
Rabu, 20 Mei 2020	- Uji UPV (Yosi NaOH 14M 1 SP 2%, Syafiq NaOH 8M 2,5 SP 0%) - Uji resistivity, kuat tekan, dan porositas (Hermawan NaOH 16M 2 SP 0% 28 hari)	Yosi, Hermawan, Atho, Syafiq	LMSG	13.00-17.00	Kendala : - Kabel UPV bermasalah Solusi : - Setting kabel UPV	

Kamis, 21 Mei 2020	Uji UPV dan kuat tekan (Yosi NaOH 8M 1 SP 0% 28 hari)	Yosi, Hermawan, Atho, Syafiq	LMSG	14.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	
Jum'at, 22 Mei 2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan porositas (Hermawan NaOH 16M 2,5 SP 2% 28 hari)	Hermawan, Syafiq	LMSG	14.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	
Selasa, 26 Mei 2020	Uji resistivity, kuat tekan, dan porositas (Hermawan NaOH 16M 2 SP 2% 56 hari)	Hermawan	LMSG	14.00-17.00	Kendala : - Solusi : -	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Keterangan Rumus :

- A = Luas penampang benda uji (cm^2)
- AAS = Larutan alkali aktivator (kg/m^3)
- F = Beban maksimum (kg)
- fci = Kuat tekan beton (kg/cm^2)
- M = Molaritas
- Mr = Jumlah Ar dari unsur senyawa
- MRS = Kebutuhan agregat halus (kg/m^3)
- MLS = Kebutuhan agregat kasar (kg/m^3)
- n = Jumlah mol zat tersebut
- P = Total *porosity* (%)
- SG = *Specific gravity* agregat halus
- SPdosage = Kebutuhan SP (kg/m^3)
- v = Volume larutan (ml)
- VFA = Kebutuhan *fly ash* (kg/m^3)
- VNaOH = Kebutuhan NaOH (kg/m^3)
- VNa₂SiO₃ = Kebutuhan Na₂SiO₃ (kg/m^3)
- Vair = Kebutuhan air (kg/m^3)
- Wsa = Berat benda uji jenuh air di udara (gr)
- Wsw = Berat benda uji jenuh air di dalam air (gr)
- Wd = Berat benda uji setelah dioven 24 jam (gr)
- Wa = Berat kerikil di udara (gram)
- Wb = Berat kerikil di air (gram)
- Wc = Berat silinder (kg)
- Wd = Berat silinder + batu pecah (kg)
- We = Berat sebelum diabrasi (gram)
- Wf = Berat setelah diabrasi (gram)
- Wg = Berat labu + pasir + air (gram)
- Wh = Berat labu + air (gram)
- Wi = Berat silinder (kg)
- Wj = Berat silinder + pasir (kg)
- Wk = Berat *fly ash* (gram)
- Wl = Berat labu ukur + minyak (gram)
- Wm = Berat labu ukur + minyak + *fly ash* (gram)
- Wph = Massa NaOH padat (kg)

- W_{ps} = Massa Na_2SiO_3 padat (kg)
- W_{lh} = Kebutuhan NaOH padat (kg/m^3)
- W_{ls} = Kebutuhan Na_2SiO_3 padat (kg/m^3)
- W_{fa} = Kebutuhan *fly ash* (kg/m^3)
- ρ_{RS} = Densitas agregat halus kondisi SSD (kg/m^3)
- ρ_w = Densitas air (kg/m^3)