



PROYEK AKHIR TERAPAN - VC 181819

**PENGARUH RASIO NATRIUM SILIKAT (Na_2SiO_3)
DAN NATRIUM HIDROKSIDA (NaOH) MOLARITAS
RENDAH (8M) PADA BETON GEOPOLIMER
BERBASIS *FLY ASH* TIPE C**

Disusun Oleh:
Achmad Syafiq
NRP. 10111610013085

Dosen Pembimbing I
Raden Buyung Anugraha A., ST. MT
NIP. 19740203 200212 1 002

Dosen Pembimbing II
Nur Achmad Husin, ST. MT
NIP. 19720115 199802 1 001

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2020



PROYEK AKHIR TERAPAN - VC 181819

**PENGARUH RASIO NATRIUM SILIKAT (Na_2SiO_3)
DAN NATRIUM HIDROKSIDA (NaOH) MOLARITAS
RENDAH (8M) PADA BETON GEOPOLIMER
BERBASIS *FLY ASH* TIPE C**

Disusun Oleh:
Achmad Syafiq
NRP. 10111610013085

Dosen Pembimbing I
Raden Buyung Anugraha A., ST. MT
NIP. 19740203 200212 1 002

Dosen Pembimbing II
Nur Achmad Husin, ST. MT
NIP. 19720115 199802 1 001

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2020



APPLIED FINAL PROJECT - VC 181819

**EFFECT OF RATIO SODIUM SILICATE (Na_2SiO_3)
AND SODIUM HYDROXIDE (NaOH) LOW MOLARITY
(8M) ON GEOPOLYMER CONCRETE BASED ON FLY
ASH TYPE C**

Arranged by:
Achmad Syafiq
NRP. 10111610013085

Supervisor I
Raden Buyung Anugraha A., ST. MT
NIP. 19740203 200212 1 002

Supervisor II
Nur Achmad Husin, ST. MT
NIP. 19720115 199802 1 001

Department of Civil Infrastructure Engineering
Vocational Faculty
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2020

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH RASIO NATRIUM SILIKAT (Na_2SiO_3) DAN NATRIUM HIDROKSIDA (NaOH) MOLARITAS RENDAH (8M) PADA BETON GEOPOLIMER BERBASIS *FLY ASH* TIPE C

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan
pada

Program Studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Surabaya, 21 agustus 2020

Disusun oleh :



Achmad Syafiq

NRP. 10111610013085

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing I



Raden Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 19740203 200212 1 002

Dosen Pembimbing II



Nur Achmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 00



Berita Acara Sidang Proyek Akhir

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS

Semester Genap 2019-2020

Nomor BA :

Nomor Jadwal : **36**

Program Studi : D4 Teknik Sipil (TRPPBS)

Diinout oleh : Nur Achmad Husin, ST., MT.

Bahwa pada hari ini : Kamis, 06-Agt-2020

Pukul : 8:00 s/d 10:00

Di tempat : Online Meeting

Telah dilaksanakan sidang Proposal Tugas Akhir dengan judul:

PENGARUH RASIO (Na_2SiO_3) DAN (NaOH) MOLARITAS RENDAH (8M) PADA BETON GEOPOLIMER BERBASIS FLY ASH TIPE C

Yang dihadiri dan dipresentasikan oleh mahasiswa :

(Hadir / Tidak Hadir)

10111610013085 ACHMAD SYAFIQ

Hadir

Yang dihadiri oleh dosen Pembimbing:

(Hadir / Tidak Hadir)

1 Raden Buyung Anugraha Affandhie, ST., MT.

Hadir

2 Nur Achmad Husin, ST., MT.

Hadir

Yang dihadiri oleh dosen Penguui:

(Hadir / Tidak Hadir)

1 Ridho Bayuaji, ST, MT., Ph.D.

Hadir

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

Hadir

3 Ir. Srie Subekti, MT.

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

10111610013085 ACHMAD SYAFIQ

LULUS, DENGAN REVISI MINOR

Catatan / revisi / masukan :

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

- Korelasi antar parameter uji sehingga bisa dibuat kesimpulan
- Tambahi literatur berkaitan sistem basah kenapa digunakan sitem kering
- Kenapa digunakan 8 M
- Bab 2 tentang pengaruh NaOH untuk Fly Ash tipe C
- Bab 3 Bagaimana sistem basah
- Bab 4 Pembahasan molar NaOH rendah terhadap fly Ash C

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

- a Abstrak: kalimatnya perlu diperbaiki, alinea 1 ttg background/tujuan, Metodologi, hasil, Alinea 1 (diganti, ada typo juga) bukan seperti sitasi, buat kalimat sendiri yang menjadi background dan tujuan, Alinea 2: direvisi, bagaimana metodologi penelitian TA? Alinea 3: tdk hanya yang rasio optimum aja yang dijelaskan. SP apa yang digunakan?
- b Banyak typo di laporan, cek lagi
- c Bab 2 ditambahkan sitasi dari jurnal internasional yang lebih fokus untuk ratio AA
- d Kesimpulan perlu diperbaiki kalimatnya

Ir. Srie Subekti, MT.

- a Apa sistem kering itu?
- b Benda uji dipastikan konversi 10x20 ke 15x30
- c Perhitungan sistem basah menjadi kering
- d
- e
- f

Tindak lanjut :

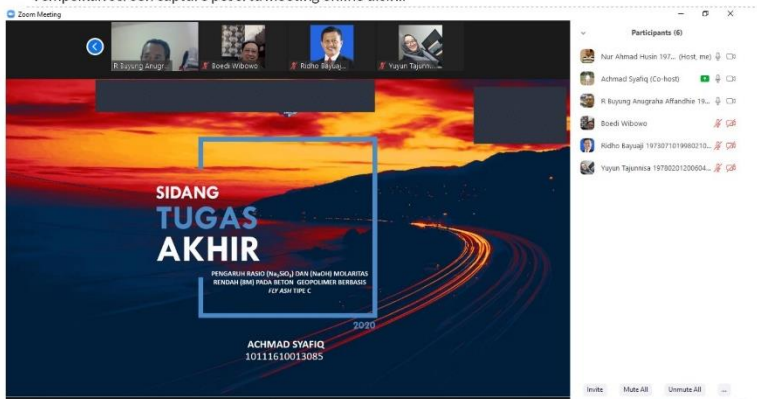
Mahasiswa memperbaiki/merevisi Proyek Akhir sesuai dengan masukan di atas.

Penutup :

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

Lampiran :

Tempelkan screen capture peserta meeting online disini.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Proyek Akhir Terapan dengan judul “ **PENGARUH RASIO NATRIUM SILIKAT (Na_2SiO_3) DAN NATRIUM HIDROKSIDA (NaOH) MOLARITAS RENDAH (8M) PADA BETON GEOPOLIMER BERBASIS *FLY ASH* TIPE C** ” ini dengan baik dan lancar. Shalawat serta salam tak lupa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai suri tauladan pembawa kebenaran dan ilmu pengetahuan. Segala bentuk hambatan dan rintangan telah penulis hadapi selama proses penyusunan laporan ini dan hal tersebut telah menjadi sebuah pelajaran bagi penulis sehingga diharapkan laporan yang telah penulis susun menjadi laporan yang baik.

Keberhasilan penyusunan laporan ini merupakan kerja keras penulis yang tentunya tidak lepas dari pengarahan dan pembinaan dari beberapa pihak. Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT, yang telah memberikan kekuatan dan kelancaran bagi penulis untuk menyelesaikan Proyek Akhir ini,
2. Kedua orang tua dan kedua adik saya, yang tak henti-hentinya memberikan semangat dan dukungan moral maupun material serta doa-doanya,
3. Raden Buyung Anugraha A., ST.,MT., dan Bapak Nur Achmad Husin, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, nasihat, dukungan serta semangat hingga selesainya Proyek Akhir ini,
4. Bapak M. Khoiri, ST., MT, selaku Kepala Departemen Teknik Rekayasa Pengelolaan dan Pemeliharaan Bangunan Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
5. Fuadia M.J, Yosi, Yusuf, Hermawan, Ian, Ferdi, Jihad, Nisar, Atho dan seluruh teman-teman mahasiswa dalam ambil andil membantu secara moral dan moril dalam menyelesaikan Proyek Akhir ini.

Penulis menyadari banyaknya kekurangan pada laporan yang telah penulis kerjakan. Karena semua kesempurnaan yang ada di alam semesta ini hanyalah milik Allah SWT, untuk itu penulis selalu menerima kritik dan saran bagi para pembaca yang tentunya sangat bermanfaat bagi penulis untuk kedepannya.

Akhir kata, besar harapan penulis semoga laporan proyek akhir ini dapat memberikan faedah dan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, 14 Juli 2020

Penulis,
Achmad Syafiq

“PENGARUH RASIO NATRIUM SILIKAT (Na_2SiO_3) DAN NATRIUM HIDROKSIDA (NaOH) MOLARITAS RENDAH (8M) PADA BETON GEOPOLIMER BERBASIS *FLY ASH* TIPE C”

Nama Mahasiswa : Achmad Syafiq
NRP : 10111610013085
Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil
Dosen Pembimbing I : Raden Buyung Anugraha A., ST.,MT.
NIP : 19740203 200212 1 002
Dosen Pembimbing II : Nur Achmad Husin, ST., MT.
NIP : 19720115 199802 1 001

ABSTRAK

Limbah fly ash yang banyak didapatkan di Indonesia merupakan tipe C. Fly ash tipe C memiliki kadar CaO lebih besar dari 10% yang menyebabkan setting time yang cepat dan nilai workability yang kecil. Konsentrasi NaOH yang rendah (8M) diharapkan mampu mencapai kuat tekan 35 Mpa untuk umur beton 28 hari, penggunaan konsentrasi NaOH rendah ditujukan untuk mengurangi biaya produksi beton geopolimer. Rasio alkali aktivator Na_2SiO_3 dan NaOH mempengaruhi workabilitas, kuat tekan, dan mutu beton geopolimer.

Penelitian yang berfokus pada pengembangan fly ash tipe C dengan memodifikasi rasio antara Na_2SiO_3 dan NaOH sebesar 1,5; 2; dan 2,5, lalu dibuat 2 variasi superplasticizer sebesar 2% dan 0% sebagai pembanding. Metode pencampuran menggunakan metode kering dengan sampel silinder berukuran 15x30 cm, umur beton yang dibuat terdiri dari 7, 14, 28, dan 56 hari dengan perawatan benda uji menggunakan metode ambient curing dengan suhu ruang $31\pm 3^\circ\text{C}$. Untuk mengetahui performa beton geopolimer dilakukan pengujian diantaranya uji slump, kuat tekan, porositas, resistivitas, permeabilitas, dan UPV.

Peningkatan rasio alkali aktivator antara Na_2SiO_3 dan NaOH dengan metode pencampuran kering, dapat menurunkan

kualitas beton geopolimer berbasis fly ash tipe C, dimana performa terbaik didapatkan pada rasio 1,5 dengan nilai kuat tekan 9,37 Mpa pada 28 hari, dan mengalami peningkatan pada umur 56 hari sebesar 18,07 MPa, nilai resistivity 1,56 kΩcm, nilai porositas 11,48%, nilai UPV 2776 km/s. Hal ini menunjukkan penggunaan konsentrasi NaOH rendah belum memenuhi kuat tekan <35 Mpa untuk umur beton 28 hari, dan mutu beton terdapat banyak ruang kosong dan mudah mengalami korosi. Pada pengujian slump sebagai indikator workabilitas menunjukkan bahwa peningkatan rasio alkali aktivator menurunkan nilai workabilitas, nilai workabilitas terkecil berada pada rasio alkali aktivator 2,5 dimana nilai slump mencapai 70 mm, akan tetapi nilai slump beton geopolimer memenuhi standar berlaku, dengan rentang nilai 15-230 mm. Selain itu penambahan sukrosa meningkatkan nilai workabilitas beton geopolimer.

Kata kunci : fly ash tipe C, Na₂SiO₃, NaOH 8M, superplasticizer, rasio alkali aktivator

**“EFFECT OF RATIO SODIUM SILICATE (Na_2SiO_3) AND
SODIUM HYDROXIDE (NaOH) LOW MOLARITY (8M)
ON GEOPOLYMER CONCRETE BASED ON FLY ASH
TYPE-C”**

Student's Name : Achmad Syafiq
NRP : 10111610013085
Departement : Teknik Infrastruktur Sipil
Supervisor's I : Raden Buyung Anugraha A., ST.,MT.
NIP : 19740203 200212 1 002
Supervisor's II : Nur Achmad Husin, ST., MT.
NIP : 19720115 199802 1 001

ABSTRACT

The fly ash waste that is commonly found in Indonesia is type C. Fly ash type C has a CaO content greater than 10% which causes a fast setting time and a small workability value. The low NaOH concentration (8M) is expected to achieve a compressive strength of 35 MPa for a concrete age of 28 days, the use of low NaOH concentrations is intended to reduce the cost of producing geopolymer concrete. The ratio of alkaline activator Na_2SiO_3 and NaOH affects the workability, compressive strength, and quality of geopolymer concrete.

Research that focuses on the development of type C fly ash by modifying the ratio between Na_2SiO_3 and NaOH by 1.5; 2; and 2,5, then made 2 variations of the superplasticizer, 2% and 0% as a comparison. The mixing method used the dry method with a sample cylinder measuring 15x30 cm, the age of the concrete made consisted of 7. 14. 28, and 56 days with treatment of the specimen using the ambient curing method with a room temperature of $31 \pm 3^\circ\text{C}$. To determine the performance of geopolymer concrete, tests were carried out including slump test, compressive strength, porosity, resistivity, permeability, and UPV.

Increasing the ratio of alkaline activator between Na_2SiO_3 and NaOH with the dry mixing method, can reduce the

quality of geopolymer concrete based on fly ash type C, where the best performance is obtained at a ratio of 1.5 with a compressive strength value of 9.37 Mpa at 28 days, and an increase in age 56 days of 18.07 Mpa, the value of resistivity 1.56 kΩcm, the value of porosity 11.48%, the value of UPV 2776 km / s. This shows that the use of low NaOH concentration does not meet the compressive strength <35 Mpa for 28 days of concrete, and the quality of the concrete has a lot of empty space and is prone to corrosion. In the slump test as an indicator of workability, it shows that the increase in the alkaline activator ratio decreases the workability value, the smallest workability value is at the alkaline activator ratio of 2.5 where the slump value reaches 70 mm, but the slump value of geopolymer concrete meets applicable standards, with a value range of 15-230 mm. In addition, the addition of sucrose increases the workability of geopolymer concrete.

Keywords : type C fly ash, Na₂SiO₃, NaOH 8M, superplasticizer, alkaline activator ratio.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Lokasi Penelitian	3
1.7 Waktu penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Pengertian Geopolymer	5
2.3 Material Penyusun Beton.....	6
2.3.1 Pengertian Fly Ash	6
2.3.2 Alkali (Aktivator)	9
2.3.3 SuperPlasticizer	13
2.3.4 Agregat	14
2.4 XRF (X-Ray Fluoresence).....	15
2.5 SEM-EDX (Scanning Electron Mirroscope)	16
2.6 XRD (X-Ray Diffraction).....	16
2.7 Mix desain	17

2.8	Metode pencampuran basah & kering	19
2.9	Curing.....	20
2.10	Jenis Pengujian Yang Digunakan	20
2.10.1	Kuat Tekan (Compressive Strength).....	20
2.10.2	Uji <i>PH</i>	21
2.10.3	UPV.....	22
2.10.4	Porositas	22
2.10.5	Permeabilitas Udara.....	23
2.10.6	Uji Slump	24
2.10.7	Resistivity	25
BAB III METODOLOGI.....		26
3.1	Umum.....	27
3.2	Studi Literatur.....	27
3.3	Variabel Penelitian	28
3.3.1	Variabel Bebas	28
3.3.2	Variabel Terikat.....	28
3.3.3	Variabel Kontrol	28
3.4	Persiapan bahan penelitian	29
3.4.1	Agregat kasar.....	29
3.4.2	Agregat Halus.....	31
3.4.3	Analisa / Uji Karakteristik <i>Fly Ash</i>	32
3.4.4	Alkali Aktivator.....	33
3.4.5	Superplasticizer	35
3.5	Perhitungan <i>Mix Design</i>	35
3.6	Pembuatan Benda Uji Beton Geopolimer.....	43

3.7	Perawatan Benda Uji (<i>Curing</i>)	45
3.8	Pengujian Beton	45
3.9	Analisa Data	55
3.10	Pembuatan Laporan Akhir dan Kesimpulan	55
3.11	Diagram Alir Penelitian	55
BAB IV HASIL DAN ANALISA.....		57
4.1	Umum.....	57
4.2	Hasil pengujian <i>fly ash</i> dan material lainnya	57
4.2.1	XRD (X-Ray Diffraction).....	57
4.2.2	SEM-EDX	58
4.2.3	<i>XRF</i> (X-Ray Fluoresence)	60
4.2.4	Berat jenis <i>fly ash</i>	60
4.2.5	Agregat kasar.....	60
4.2.6	Agregat halus.....	62
4.3	Komposisi Beton	63
4.4	Hasil uji beton geopolimer.....	69
4.4.1	Uji Slump	69
4.4.2	Kuat Tekan	70
4.4.3	Porositas	73
4.4.4	Test UPV	76
4.4.5	Resistivitas.....	78
4.4.6	Uji pH.....	81
4.4.7	Uji permeabilitas.....	81
4.4.8	Korelasi kuat tekan terhadap porositas beton geopolimer.....	83
4.4.9	Korelasi kuat tekan terhadap nilai UPV beton	

geopolimer.....	84
4.4.10 Korelasi porositas terhadap nilai UPV beton geopolimer.....	85
BAB V PENUTUP	86
5.1 Kesimpulan.....	87
5.2 Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA	91
BIODATA PENULIS	94
LAMPIRAN.....	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 grafik hubungan kadar CaO (dalam persen) fly ash dengan kuat tekan dan setting time (diaz et. al., 2010)	8
Gambar 2. 2 Nilai kuat dengan molaritas berbeda (Tripathi, Gupta and Rai, 2019)	10
Gambar 2. 3 Nilai slump dengan molaritas berbeda (Tripathi, Gupta and Rai, 2019)	10
Gambar 2. 4 hubungan kuat tekan beton dengan perbandingan aktivator beton geopolimer (Risdanareni, Ekaputri and Triwulan, 2015)	12
Gambar 2. 5 Pengaruh rasio alkali aktivator terhadap alir beton segar (Malkawi et al., 2016)	12
Gambar 2. 6 pengaruh jumlah fly ash terhadap kuat tekan dalam tingkat kehalusan yang berbeda	18
Gambar 2. 7 flowchart pembuatan binder geopolimer metode pencampuran basah dan kering (Bayuaji et al., 2017)	20
Gambar 2. 8 Bentuk-bentuk slump (SNI 1972-2008)	24
Gambar 2. 9 ilustrasi konsep kerja alat resistivitas dengan 4 batang probe	25
Gambar 3. 1 menimbang NaOH di gelas ukur.	34
Gambar 3. 2 larutan NaOH di piknometer dan batas piknometer.	34
Gambar 3. 3 grafik hubungan kuat tekan 28 Hari dengan Rasio AAS/FA	37
Gambar 3. 4 diagram alir mix desain	42
Gambar 3. 5 dari kiri kekanan a) penghalusan benda uji, b) hasil penghalusan benda uji, c) menimbang benda uji	47
Gambar 3. 6 meletakkan benda uji secara vertikal	48
Gambar 3. 7 pemasangan kabel UPV	49
Gambar 3. 8 setting alat UPV	49
Gambar 3. 9 pengaplikasian stempet dan stempet yang digunakan (merk cobra)	50

Gambar 3. 10	penggunaan alat upv pada benda uji	50
Gambar 3. 11	alat resistivity dan beda uji	53
Gambar 3. 12	membasahi benda uji dengan air	53
Gambar 3. 13	uji resistivity pada beton geopolimer.....	54
Gambar 3. 14	Diagram Alir Penelitian	56
Gambar 4. 1	grafik hasil uji EDX fly ash.....	58
Gambar 4. 2	gambar hasil SEM fly ash dengan perbesaran dari kiri atas ke kanan 1000x, 5000x, 10.000x, dan d)15.000x.....	58
Gambar 4. 3	persebaran unsur hasil uji fly ash	59
Gambar 4. 4	grafik perbandingan slump beton geopolimer dengan sp 2% dan 0%	70
Gambar 4. 5	grafik rekapitulasi hasil kuat tekan beton geopolimer	72
Gambar 4. 6	grafik perbandingan kuat tekan beton sp 0% dan 2%	73
Gambar 4. 7	grafik hasil porositas beton dengan sp 2%	74
Gambar 4. 8	Grafik perbandingan porositas beton dengan sp 2% dan 0%	75
Gambar 4. 9	grafik hasil uji UPV variasi sp 2% umur beton 28 & 56 hari	76
Gambar 4. 10	Grafik perbandingan nilai upv beton geopolimer dengan sp 2% dan 0%	77
Gambar 4. 11	Grafik nilai resistivitas seluruh variasi rasio dengan sp 2%.....	80
Gambar 4. 12	grafik perbandingan resistivitas sp 2% dan sp 0%	81
Gambar 4. 13	grafik korelasi kuat tekan dengan porositas	83
Gambar 4. 14	grafik korelasi kuat tekan terhadap nilai upv beton geopolimer	84
Gambar 4. 15	grafik korelasi porositas terhadap nilai UPV beton geopolimer	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 kandungan material fly ash tipe f dan tipe c.....	6
Tabel 2. 2 persyaratan fisik fly ash	7
Tabel 2. 3 susunan sifat fisik fly ash (ASTM C618-91).....	7
Tabel 2. 4 Klasifikasi Kualitas Berdasarkan Kecepatan Gelombang.....	22
Tabel 2. 5 Klasifikasi kualitas beton berdasarkan koef. Permeabilitas.....	23
Tabel 3. 1 maksimum kandungan larutan dan presentasi udara dalam 1 meter kubik.....	36
Tabel 3. 2 kandungan NaOH dan Na ₂ SiO ₃ setiap variasi rasio ..	38
Tabel 3. 3 Kandungan agregat halus dan kasar masing-masing rasio.....	39
Tabel 3. 4 Hasil pengujian gravimetri larutan Na ₂ SiO ₃ (%).....	40
Tabel 3. 5 Perbandingan massa NaOH dan Air dalam konsentrasi 8 molar larutan NaOH.....	40
Tabel 3. 6 Kualitas beton berdasarkan kecepatan gelombang....	51
Tabel 3. 7 Kelas kualitas permukaan beton	52
Tabel 4. 1 uji XRD material fly ash.....	57
Tabel 4. 2 konsentrasi unsur pada fly ash	59
Tabel 4. 3 hasil uji XRF fly ash PLTU paiton	60
Tabel 4. 4 Hasil uji berat jenis fly ash.....	60
Tabel 4. 5 Analisa Saringan Agregat Kasar (ASTM C 136-01).	61
Tabel 4. 6 Data berat jenis agregat kasar (ASTM C127-88, SNI 1969:2008)	60
Tabel 4. 7 data berat volume lepas agregat kasar (ASTM C29/C 29M-97).....	61
Tabel 4. 8 data uji keausan agregat kasar (ASTM C-131, SNI2417:2008	61
Tabel 4. 9 data uji berat jenis agregat halus (ASTM C128, SNI 1970-2008).....	62

Tabel 4. 10 Data uji berat volume lepas agregat halus (ASTM C29)	62
Tabel 4. 11 hasil Analisa ayakan agregat halus (ASTM C136) .	63
Tabel 4. 12 rangkuman mix desain metode basah.....	63
Tabel 4. 13 Rangkuman jumlah aktivator metode basah dan kering..	62
Tabel 4. 14 Hasil mix desain metode pencampuran kering	64
Tabel 4. 15 mix desain untuk variasi 1:1,5 untuk 28 dan 56 hari	66
Tabel 4. 16 mix desain untuk variasi 1:1,5 untuk 7 dan 14 hari .	66
Tabel 4. 17 mix desain untuk variasi 1:2 untuk 7, 14, 28, dan 56 hari	65
Tabel 4. 18 mix desain untuk variasi 1:2,5 untuk 7 dan 14 hari .	67
Tabel 4. 19 mix desain untuk variasi 1:2,5 untuk 28 dan 56 hari	67
Tabel 4. 20 mix desain untuk variasi 1:1,5 sp 0%	68
Tabel 4. 21 mix desain untuk variasi 1:2,5 sp 0%	68
Tabel 4. 22 mix desain untuk variasi 1:2 sp 0%	68
Tabel 4. 23 hasil uji slump sp 2%	69
Tabel 4. 24 hasil uji slump sp 0%	69
Tabel 4. 25 data kuat tekan variasi 1:2,5.....	71
Tabel 4. 26 data kuat tekan variasi 1:1,5.....	71
Tabel 4. 27 data kuat tekan variasi 1:2.....	71
Tabel 4. 28 hasil uji kuat tekan variasi NaOH 8M sp 0% umur 28 hari	72
Tabel 4. 29 hasil uji porositas beton dengan sp 2%	74
Tabel 4. 30 rekap hasil uji porositas tiap variasi rasio sp 0%	75
Tabel 4. 31 hasil uji resistivitas rasio 1:1,5 untuk semua umur..	78
Tabel 4. 32 hasil uji resistivitas rasio 1:2 untuk semua umur.....	79
Tabel 4. 33 hasil uji resistivitas rasio 1:2,5 untuk semua umur..	79
Tabel 4. 34 rekap hasil uji resistivitas tiap variasi rasio sp 0% ..	80

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton geopolimer adalah terobosan baru yang bisa dikembangkan sebagai alternatif beton semen dikarenakan beton geopolimer menggunakan material ramah lingkungan material beton geopolimer tersusun dari bahan-bahan sintesa non organik melalui proses polimerisasi. Bahan utama dari beton geopolimer adalah bahan yang banyak mengandung silika dan aluminium, seperti abu terbang atau *fly ash* sisa pembakaran batu bara, yang dimana *fly ash* merupakan limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun), selama ini karena ukuran partikelnya yang kecil dan mudah bertebangan di udara, *fly ash* lebih banyak dimanfaatkan sebagai bahan timbunan, seperti penelitian yang dilakukan sebelumnya (Prabandiyani, Djwantoro Hardjito, 2010) dan (Januarti, 2015), yang menyebutkan bahwa limbah batu bara seperti *fly ash* dapat dimanfaatkan untuk stabilitas tanah, tetapi juga berpotensi mengancam kelestarian lingkungan jika penimbunan dilakukan sembarangan karena partikel-partikel logam berat yang dikandungnya dengan mudah larut mencemari sumber-sumber air, dan berbahaya juga untuk kelangsungan hidup tumbuhan.

Semen sebagai salah satu bahan dasar beton yang sangat berpengaruh pada kekuatan beton itu sendiri didapatkan dengan cara membakar secara bersamaan batuan gamping dan batuan yang mengandung alumunia pada suhu ± 800 °C, pada proses ini menghasilkan juga CO₂ (karbon dioksida) yang tinggi dan dapat mencemari lingkungan. Dilansir *international Energy Authority : word Energy Outlook*, jumlah CO₂ yang dihasilkan pada tahun 2010 sudah mencapai 23,8 miliar ton, semen portland setidaknya telah menyumbang 7% dari keseluruhan CO₂ yang dihasilkan dari berbagai sumber. Memanfaatkan *fly ash* dalam pembuatan beton yang mampu bersaing dengan beton konvensional mulai dari segi kuat tekan maupun mutu beton yang menjadi tantangannya ialah dikarenakan *fly ash* tidak memiliki karakteristik yang konstan dan mix desain yang stabil hal itu disebabkan kandungan kimia yang

diproduksi antara pabrik industri satu dan yang lainnya berbeda. Limbah *fly ash* sebagai bahan pengganti semen serta senyawa kimia NaOH dan Na_2SiO_3 sebagai aktivator dalam pembuatan beton geopolymer. Menurut penelitian (Yildirim, *et. al.*, 2011) *fly ash* yang dicampurkan dengan larutan alkali berupa NaOH dan Na_2SiO_3 akan teraktivasi membentuk geopolimer. Natrium silikat (Na_2SiO_3) mempunyai peran mempercepat reaksi polimerisasi dan natrium hidroksida (NaOH) berperan mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terdapat pada *fly ash* untuk menghasilkan ikatan polimer yang kuat. Namun *fly ash* yang akan digunakan merupakan *fly ash* tipe C yang dapat menyebabkan *flash setting* sehingga menjadi masalah apabila beton tersebut digunakan dalam pengecoran skala besar (Antoni, Wijaya, Satria, Sugiarto, & Hardjito, 2016). Hal tersebut disebabkan oleh kandungan (CaO) pada *fly ash* tipe C yang terbilang besar diatas 10%.

1.2 Rumusan masalah

Pemanfaatan limbah *fly ash* tipe C masih sangat minim, sedangkan tipe *fly ash* di Indonesia mayoritas tipe C, berbagai masalah diantaranya karakteristik *fly ash* yang tidak menentu, penggunaan aktivator yang terlalu banyak dapat menyebabkan harga beton naik, mutu beton dan kuat tekan yang dihasilkan harus memenuhi SNI 2847-2019 dan kuat tekan mencapai 35 MPa, dan nilai workabilitasnya yang kecil sampai saat ini.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang hendak dicapai dalam Proyek Akhir kali ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui karakteristik material *fly ash* tipe C dengan melakukan pengujian XRD dan XRF, dan juga material penyusun lainnya.
- b. Mengetahui pengaruh perubahan variasi rasio aktivator terhadap kuat tekan dan mutu beton dengan pengujian UPV, resistivitas, permeabilitas, porositas, pH dan pengaruh *superplasticizer* terhadap workabilitas beton.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diulas dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut :

- a. Pelaksanaan proyek akhir dilakukan pada skala laboratorium
- b. Analisa yang dilakukan tidak meninjau segi biaya
- c. *Fly Ash* yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari PLTU Paiton Probolinggo Jawa Timur dan merupakan jenis *fly ash* tipe C.
- d. Perbandingan alkali aktivator massa antara sodium silikat (Na_2SiO_3) dengan sodium hidroksida (NaOH) adalah sebesar 1,5; 2; dan 2,5.
- e. Molaritas sodium hidroksida (NaOH) yang dipakai 8M.
- f. Benda uji silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dan silinder diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.
- g. Uji standart yang dilakukan adalah, uji slump, resistivitas, kuat tekan, porositas, permeabilitas, PH dan *UPV*.
- h. Umur pengujian beton pada umur 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari.
- i. Perawatan beton geopolimer dilakukan pada suhu ruang.

1.5 Manfaat

- a. Mengurangi masalah atas ketergantungan semen dengan dampaknya yang mampu mempengaruhi iklim secara global.
- b. Mengurangi dampak lingkungan dari penumpukan fly ash dengan cara memanfaatkan limbah tersebut sebagai bahan utama pembuatan geopolimer.

1.6 Lokasi Penelitian

penelitian ini dilakukan di :

1. Laboratorium material struktur gedung – kampus ITS manyar (mempersiapkan semua alat dan bahan, mixing, serta pencetakan benda uji)
2. Laboratorium ilmu ukur tanah – kampus ITS manyar (melakukan uji abrasi pada agregat kasar)

4

3. Laboratorium material struktur gedung – kampus ITS manyar (melakukan pengeringan agregat menggunakan oven)

1.7 Waktu penelitian

Penelitian ini akan dilakukan sekurang-kurangnya selama 4 bulan dan akan dibahas secara mendetail pada logbook yang dibuat berdasarkan kegiatan penelitian yang terjadi secara langsung.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Beton geopolimer sudah diperkenalkan sekitar 20 tahun lalu oleh ilmuan perancis, Prof Joseph Davidovits, suatu beton baru yang 100% tidak menggunakan semen dengan *fly ash* sebagai penggantinya. Sejak saat itu berbagai lembaga riset dan institusi mulai mengembangkan penelitian tentang geopolimer.

2.2 Pengertian Geopolymer

Prof. J. Davidovits pertama kali memperkenalkan reaksi geopolimer sebagai alternatif mengatasi masalah global tentang pencemaran gas CO₂, karena proses pembuatan semen portland (OPC) dibutuhkan pembakaran yang menggunakan energi dan sumber daya alam yang besar yang juga menghasilkan emisi gas CO₂ yang signifikan (Kong and Sanjayan, 2008) Beton geopolimer merupakan produk beton geosintetik dimana reaksi pengikatan yang terjadi adalah reaksi polimerisasi. Dalam reaksi polimerisasi ini Aluminium (Al) dan Silika (Si) mempunyai peranan penting dalam ikatan polimerisasi (Davidovits, 1994).

Beton geopolimer juga memiliki keunggulan dibandingkan beton konvensional, Menurut (Škvára, Jilek and Kopecký, 2005), *geopolimer* yang dihasilkan dari bahan *fly ash* lebih tahan terhadap korosi larutan garam, tahan terhadap pembekuan, dan tahan terhadap pemanasan sampai suhu 600 °C.

Menurut riset (Aldowaisan and Allahverdi, 2004) beton geopolimer relatif tidak mengalami penyusutan seperti beton konvensional dari semen *portland*, karena ketahanan terhadap lingkungan asam disebabkan terbentuknya lapisan kristal gypsum yang menggantikan lapisan yang terkorosi.

Pembuatan geopolimer juga tidak menghasilkan emisi gas CO₂ seperti pada pembuatan semen Portland (Malhotra, 1999) geopolimerisasi hanya memerlukan pemanasan di suhu yang relatif rendah. Energi yang diperlukan hanya kurang lebih 3/5 dibanding pembuatan portland semen (Davidovits, 1991).

2.3 Material Penyusun Beton

2.3.1 Pengertian Fly Ash

Fly ash adalah limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun) yang berasal dari abu bekas pembakaran batu bara dengan ukuran partikel antara 0,5 sampai 100 μm , dengan bentuk partikelnya yang *solid spheres* atau bisa disebut hampir bulat sempurna (Rangan and Hardjito, 2005). Pada tahun 2010 jumlah abu terbang yang dihasilkan diperkirakan mencapai 800 juta ton, tetapi hanya 20-30% yang digunakan sebagai *filler* (pengisi) pada beton geopolimer dan sisanya ditimbun ke dalam tanah yang dapat merusak lingkungan disekitar timbunan (Panias D, 2010)

Fly ash terdiri dari komponen heterogen dengan unsur utama SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO dan unsur lain dalam skala kecil, sebab memiliki kandungan silika dan alumina dalam bentuk yang sangat halus maka *fly ash* disebut memiliki sifat pozolanik yang mampu bereaksi dengan alkali membentuk material yang bersifat pengikat (*cementious*). Berdasarkan ASTM C618 abu terbang dapat dibagi kedalam 2 jenis yaitu tipe F dan tipe C, kedua jenis itu dibedakan atas besaran kandungan CaO yang dimiliki. *Fly ash* tipe F dihasilkan dari pembakaran batubara anthracite atau bituminous dengan kandungan CaO yang rendah yaitu dibawah 10%, sedangkan *fly ash* tipe C dihasilkan dari proses pembakaran batubara lignite atau sub-bituminous dengan kandungan CaO diatas 10%. Perbedaan kedua jenis *fly ash* ini dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. 1 Kandungan material fly ash tipe f dan tipe c

Parameter	Class F <i>fly ash</i>	Class C <i>fly ash</i>
Silicon Dioxide(%)	45-64.4	23.1-50.5
Calcium oxide(%)	0.7-7.5	11.6-29.0
Aluminium oxide(%)	19.6-30.1	13.3-21.3
Iron oxide(%)	3.8-23.9	3.7-22.5
Sodium oxide(%)	0.3-2.8	0.5-7.3
Magnesium oxide(%)	0.7-1.7	1.5-7.5
Potassium oxide(%)	0.7-2.9	0.4-1.9
Loss on ignition(%)	0.4-7.2	3.9-1.9

a. Karakteristik fisik fly ash

Sifat fisik *fly ash* yang ditinjau dari *american concrete institute (ACI) manual of concrete practice 1993 part 1 226.3R-6*, dan (ASTM C618) sebagai berikut :

- *Spesific gravity* 2.2-2.8
- Ukuran ϕ 1 mikron - ϕ 1 mm dengan kehalusan 70% - 80% lolos saringan no.200 (75 mikron)
- Kehalusan : % tertahan ayakan 0.075 mm : 3.5 % tertahan ayakan 0.045 mm : 19.3 % sampai ke dasar : 77.2

Tabel 2. 2 Susunan sifat fisik fly ash (ASTM C618-91)

No.	Uraian	Kelas F (%)	Kelas C (%)
1.	Kehalusan sisa di atas ayakan 45 μm	34.0	34.0
2.	Indeks keaktifan pozolan dengan PC (kelas I) pada umur 28 hari	75.0	75.0
3.	Air	105.0	105.0
4.	Pengembangan dengan Autoclave	0.8	0.8

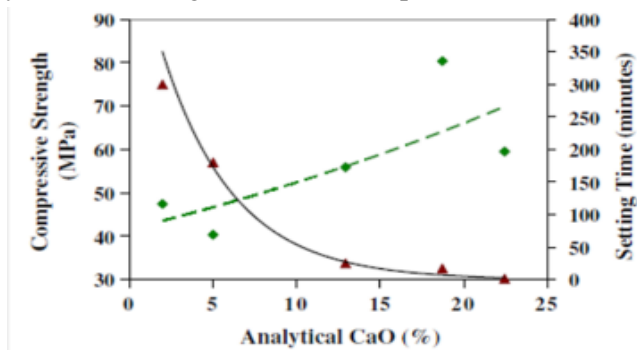
Tabel 2. 3 Persyaratan fisik fly ash

No.	Persyaratan Fisika	Kelas Campuran Mineral		
		F (%)	N (%)	C (%)
1.	Jumlah yang tertahan ayakan 45 μm (ro.325)	34	34	34
2.	Indeks aktivitas kekuatan :			
	Dengan semen umur 7 hari	75	75	75
	Dengan semen umur 28 hari	75	75	75
3.	Kebutuhan air	115	105	105
4.	Autoclave ekspansion atau contraction	0.8	0.8	0.8
5.	Density	5	5	5
6.	% tertahan ayakan 45 μm	5	5	5

(ASTM C 618 – 96 volume 04.02)

b. Pengaruh kadar CaO *fly ash* terhadap kuat tekan

Pada penelitian (diaz et al., 2010) yang meneliti pengaruh kadar CaO pada *fly ash* terhadap kuat tekan dan juga *setting time*. Dengan kenaikan kadar CaO pada *fly ash* terjadi kenaikan juga pada kuat tekan benda uji, semakin besar juga kada CaO semakin cepat juga *setting time*-nya. Yang perlu diperhatikan secara khusus pada kadar CaO yang dipakai melibeh dari 20% *setting time* menjadi sangat cepat menjadi kurang dari 3 menit, hal tersebut bisa kita lihat pada gambar grafik dibawah ini. Maka dari itu penelitian ini menggunakan *fly ash* dengan kadar CaO diatas 10%. Mekanisme pengaruh CaO tinggi dapat menyebabkan *setting time* yang cepat, seperti yang dituliskan (Díaz et al., 2009) kadar CaO yang tinggi berkaitan dengan fasa amorph *fly ash*, semakin tinggi CaO semakin tinggi fasa amorph yang dimana fasa amorph berbanding lurus dengan laju reaksi polimerisasi, sehingga semakin tinggi kadar CaO semakin cepat laju polimerisasi yang menyebabkan *setting time* semakin cepat.



Gambar 2. 1 Grafik hubungan kadar CaO (dalam persen) fly ash dengan kuat tekan dan setting time (diaz et. al.,

2.3.2 Alkali (Aktivator)

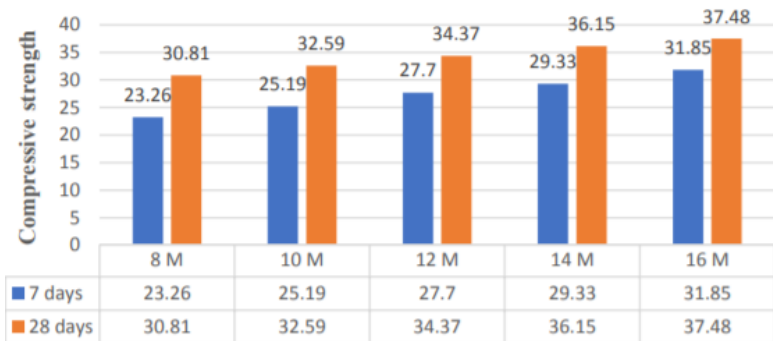
Sebagaimana studi-studi yang telah dilakukan, larutan alkali adalah salah satu faktor penting yang mempengaruhi pengembangan kekuatan beton geopolimer, alkali yang akan digunakan Natrium hidroksida (NaOH) dan Sodium Silikat (Na_2SiO_3), kedua aktivator tersebut memiliki peran spesifik yang sangat penting.

a. Natrium hidroksida (NaOH)

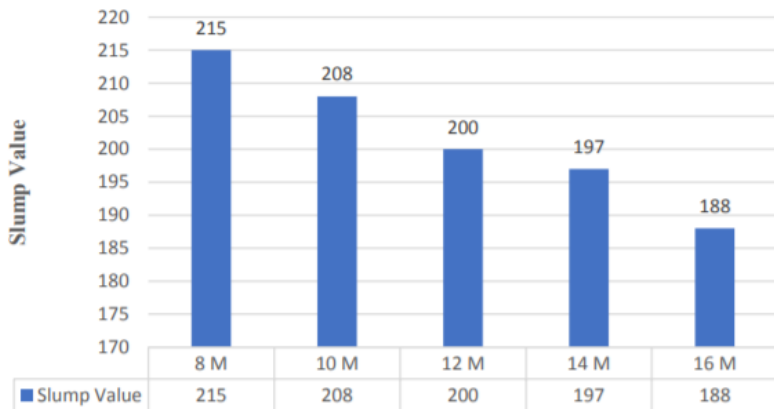
Natrium hidroksida atau NaOH merupakan *alkali activator* yang digunakan dalam penelitian ini yang berfungsi mereaksi unsur-unsur Si^{4+} dan Al^{3+} yang ada pada *fly ash* sehingga menghasilkan ikatan polimerisasi yang kuat. NaOH adalah hasil oksidasi melalui elektrolisis larutan NaCl yang juga memiliki sifat basa kuat. NaOH memiliki massa molekul relatif 40 gram/mol dan akan mengalami reaksi *eksotermis* (panas) ketika dilarutkan dalam air, namun penggunaan NaOH dalam proses sintesis geopolimer akan menghasilkan Si^{4+} dan Al^{3+} yang tinggi dibandingkan KOH (Panagiotopoulou *et al.*, 2007). Natrium Hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pellet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50%. Bersifat lembab cair dan secara spontan menyerap karbondioksida dari udara bebas.

b. Penggunaan NaOH 8M

Proses sintesis geopolimer berbahan *fly ash*, dalam penelitian ini dilakukan pada konsentrasi NaOH 8M, penggunaan molaritas rendah ditujukan untuk mengurangi biaya produksi sebab, semakin besarnya molaritas semakin banyak juga alkali aktivator yang digunakan dan semakin besar juga biaya untuk produksi beton geopolimer. Pada penelitian-penelitian terdahulu yang menggunakan sistem pencampuran basah, sudah banyak menyimpulkan adanya peningkatan konsentrasi larutan NaOH dapat meningkatkan pada kuat tekan beton, tetapi menurunkan workabilitas (Tripathi, Gupta and Rai, 2019).



Gambar 2. 2 Nilai kuat dengan molaritas berbeda (Tripathi, Gupta and Rai, 2019)



Gambar 2. 3 Nilai slump dengan molaritas berbeda (Tripathi, Gupta and Rai, 2019)

Dari gambar 2.2 dan gambar 2.3 menunjukkan NaOH dengan molaritas 8M memiliki nilai slump tertinggi di angka 215 mm, dan nilai kuat tekan terendah pada umur beton 7 dan 28 hari sebesar 23 Mpa dan 30,81 Mpa.

c. **Sodium Silikat (Na_2SiO_3)**

Sodium silikat merupakan salah satu bahan tertua dan yang paling aman yang sering digunakan di dalam industri kimia. Sodium silikat terdapat dalam 2 bentuk yaitu padatan dan larutan dimana untuk campuran beton lebih banyak digunakan dalam bentuk larutan. Sodium silikat atau lebih dikenal dengan *water glass* pada mulanya digunakan sebagai campuran dalam pembuatan sabun. Tetapi dalam perkembangannya, sodium silikat dapat digunakan untuk bahan campuran beton (Hartanto & Sutanto, 2005).

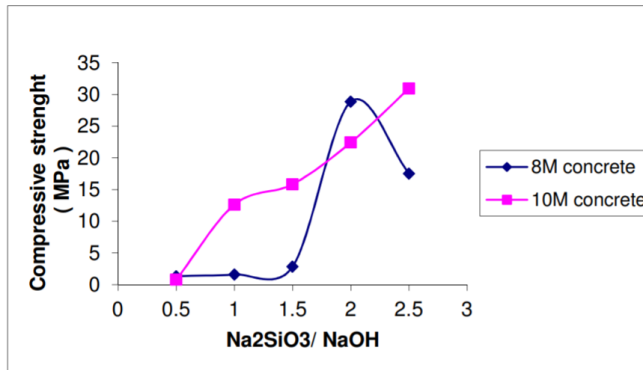
Proses produksinya yang lebih sederhana menyebabkan sodium silikat berkembang dengan cepat sejak tahun 1818. Sodium silikat dapat dibuat dengan 2 proses yaitu proses kering dan proses basah. Pada proses kering, pasir (SiO_2) dicampur dengan sodium carbonate (Na_2CO_3) atau dengan potassium carbonate (K_2CO_3) pada temperatur 1100 - 1200°C. Hasil reaksi tersebut menghasilkan kaca (*cullets*) yang dilarutkan ke dalam air dengan tekanan tinggi menjadi cairan yang kering dan agak kental. Sedangkan pada proses pembuatan basah, pasir (SiO_2) dicampur dengan sodium hidroksida (NaOH) melalui proses filtrasi sehingga menghasilkan sodium silikat yang murni.

Penelitian ini, sodium silikat digunakan sebagai alkali *activator*. Sodium silikat ini merupakan salah satu larutan alkali yang berperan penting dalam proses polimerisasi karena sodium silikat mempunyai fungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi. Reaksi terjadi secara cepat ketika larutan alkali banyak mengandung larutan silika seperti sodium silikat, dibandingkan reaksi yang terjadi akibat larutan alkali yang banyak mengandung larutan hidroksida.

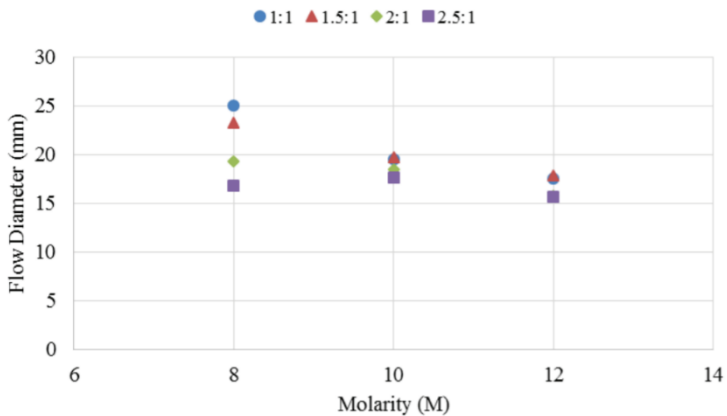
d. **Pengaruh Variasi Ratio Alkali Aktivator**

Selain dipengaruhi oleh molaritas aktivator, kuat tekan beton dan workabilitas beton geopolimer juga dipengaruhi oleh rasio jumlah $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$. Dalam penelitian terdahulu telah diselidiki, semakin besarnya rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ terjadi peningkatan kuat

tekan (Risdanareni, Ekaputri and Triwulan, 2015), dan semakin besarnya rasio $\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}$ menurunkan nilai diameter alir beton segar (Malkawi *et al.*, 2016), untuk konsentrasi NaOH 8M nilai kuat tekan efektif berada pada rasio 2 dan nilai diameter alir beton segar pada rasio 1:1 dapat dilihat pada gambar 2.4 dan gambar 2.5.



Gambar 2. 4 hubungan kuat tekan beton dengan perbandingan aktivator beton geopolimer (Risdanareni, Ekaputri and Triwulan, 2015)



Gambar 2. 5 Pengaruh rasio alkali aktivator terhadap alir beton segar (Malkawi *et al.*, 2016)

2.3.3 SuperPlasticizer

Superplasticizer merupakan bahan admixture yang digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran beton. Menurut penelitian (Hardjito et al., 2017) penggunaan *Superplasticizer* yang efektif berada pada angka 0.8% sampai 2% dari jumlah bahan pengikat yang dimana bahan pengikat disini berupa *fly ash*. Jenis bahan *Superplasticizer* yang akan digunakan yaitu sukrosa dengan kadar 2% dari berat bahan pengikat, tujuan penambahan *Superplasticizer* pada penelitian kali ini untuk meningkatkan *workability* seperti yang ditemukan oleh Pavithra et al., bahwa penggunaan *superplasticizer* ditemukan memiliki dampak pada perilaku alkali aktivator, namun, hanya memiliki sedikit pengaruh pada kuat tekan beton.

Secara umum tujuan yang ingin dicapai dengan penggunaan superplasticizer adalah untuk:

- Mencapai posisi pengecoran yang sulit melakukan pematangan dengan vibrator karena dapat menghasilkan beton segar yang dapat mengalir dengan lebih baik dengan slump hingga 23 cm.
- Menghasilkan beton mutu tinggi dengan mengurangi air sehingga faktor air semen yang merupakan faktor utama penentu mutu beton dapat diminimalkan sekecil mungkin, sehingga hanya air yang diperlukan untuk reaksi hidrasi semen saja yang digunakan.
- Menghasilkan beton dengan permeabilitas yang lebih rendah (lebih kedap air) dengan pengurangan pemakaian air dan kemampuan menyebarkan partikel semen dalam adukan beton segar, dapat menghasilkan kepadatan beton yang lebih baik sehingga lebih kedap air.
- Menghasilkan beton yang setara mutunya dengan faktor air semen yang lebih kecil, sehingga pemakaian semen menjadi lebih sedikit namun pemakaian untuk tujuan ini tidak terlalu sering digunakan, karena jumlah semen minimum yang disyaratkan untuk beton tertentu harus dipenuhi.

2.3.4 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI No: 1737-1989-F). agregat juga menjadi salah satu bagian penting dalam mendapatkan beton geopolimer yang bermutu baik dan kuat tekan tinggi. Berdasarkan proses pngolahannya agregat digolongkan menjadi 2 (dua) macam, yaitu agregat alam dan agregat buatan. Agregat alam merupakan agregat yang bentuknya alami, terbentuk berdasarkan aliran sungai dan degradasi. Agregat yang terbentuk dari aliran sungai cenderung berbentuk bulat dan permukaan halus, sedangkan agregat yang terbentuk akibat degradasi berbentuk kubus/bersudut dan permukaan kasar. Sedangkan agregat buatan merupakan agregat yang berasal dari sambilan pabrik dan pemecahan batu, adanya agregat buatan dikarenakan kesulitannya mendapatkan agregat yang di alam yang sesuai yang diinginkan, seperti kebutuhan akan agregat berbentuk kubus/bersudut dan berpermukaan kasar semakin tinggi dan tidak mungkin semuanya dipenuhi oleh gradasi alam, maka penggunaan alat pemecah batu yang terkontrol dapat membentuk agregat sesuai bentuk yang dibutuhkan. Berdasarkan besar partikel-partikelnya, umumnya agregat dibagi dua, yaitu agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir), menurut ASTM agregat kasar berukuran >4.75 mm, dan agregat halus halus berukuran <4.75 mm. sedangkan menurut AASHTO agregat kasar >2 mm dan agregat halus berukuran antara 0.075 mm hingga < 2 mm.

a. Agregat kasar

Sebelum melakukan mix desain agregat kasar harus dilakukan pengujian apakah agregat kasar tersebut layak digunakan dalam penelitian ini atau tidak, maka syarat-syarat menurut (SNI-03-2461-1991/2002; SII.0052.80; ASTM C33) mengenai agregat kasar yaitu :

- Tidak mengandung lumpur $>1\%$ berat kering
- Penyerapan air $< 3\%$
- Agregat pipih dan agregat panjang , 20%

- Keausan dengan los angeles 500 putaran, bagian yang hancur , < 40% untuk mutu 21-40Mpa, dan 27% untuk mutu > 40Mpa.

b. Agregat halus

Sama seperti agregat kasar, Sebelum melakukan mix desain agregat halus juga dilakukan pengujian apakah agregat halus tersebut layak digunakan dalam penelitian ini atau tidak, maka syarat-syarat menurut (**SNI-03-2461-1991/2002; SII.0052.80; ASTM C33**) mengenai agregat halus yaitu :

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

2.4 XRF (X-Ray Fluorescence)

X-Ray Fluorescence (XRF) adalah teknik analisis unsur yang membentuk suatu material dengan dasar interaksi sinar-X dengan material analit. Teknik ini banyak digunakan dalam analisa batuan karena membutuhkan jumlah sample yang relative kecil (sekitar 1 gram). Teknik ini dapat digunakan untuk mengukur unsur-unsur yang terutama banyak terdapat dalam batuan atau mineral.

Apabila elektron dari suatu kulit atom bagian dalam dilepaskan, maka elektron yang terdapat pada bagian kulit luar akan berpindah pada kulit yang ditinggalkan tadi menghasilkan sinar-X dengan panjang gelombang yang karakteristik bagi unsure tersebut.

Pada teknik difraksi sinar-X suatu berkas elektron digunakan, sinar-X dihasilkan dari tembakan berkas elektron terhadap suatu unsur di anoda untuk menghasilkan sinar-X dengan panjang gelombang yang diketahui. Peristiwa ini terjadi pada tabung sinar-X. Pada teknik XRF, kita menggunakan sinar-X dari tabung

pembangkit sinar-X untuk mengeluarkan electron dari kulit bagian dalam

Pemilihan filter didasarkan terhadap logam yang akan kita analisa dalam sampel. Filter berfungsi sebagai penyaring interferensi terhadap analisa.

2.5 SEM-EDX (Scaning Electron Mirroscope)

SEM-EDX adalah analisis energy dispersive x-ray yang dilakukan dengan menggunakan SEM (Scanning Electron Microscope). Alat dipakai umumnya untuk aplikasi yang cukup bervariasi pada permasalahan eksplorasi dan produksi migas, termasuk didalamnya: Evaluasi kualitas batuan reservoir melalui studi diagnosa yang meliputi identifikasi dan interpretasi keberadaan mineral dan distribusinya pada sistem porositas batuan. Investigasi permasalahan produksi migas seperti efek dari clay minerals, steamfloods dan chemical treatments yang terjadi pada peralatan pemboran, gravelpacks dan pada reservoir Identifikasi dari mikrofosil untuk penentuan umur dan lingkungan pengendapan (Taufik, 2008).

Perbedaan SEM dengan mikroskop optik terletak pada resolusi yang lebih tinggi dan kedalaman area yang lebih besar (*depth of field*). Hal ini di sebabkan oleh panjang gelombang *de Broglie* yang memiliki elektron lebih pendek daripada gelombang optik. Semakin kecil panjang gelombang yang digunakan maka makin tinggi resolusi mikroskop. Topografi dan morfologi dapat diamati menggunakan instrument ini karena kedalaman area yang bisa dipakai puluhan *micrometer* pada perbesaran 1000 kali dan *orde micrometer* pada perbesaran 10000 kali (Ardiansyah, 2012).

2.6 XRD (X-Ray Diffraction)

XRD merupakan metode analisa nondestruktif yang didasarkan pada pengukuran radiasi sinar-X yang terdifraksi oleh bidang kristal ketika terjadi interaksi antara suatu materi dengan radiasi elektromagnetik sinar X. Suatu kristal memiliki kisi kristal tertentu dengan jarak antar bidang kristal (d) spesifik juga sehingga

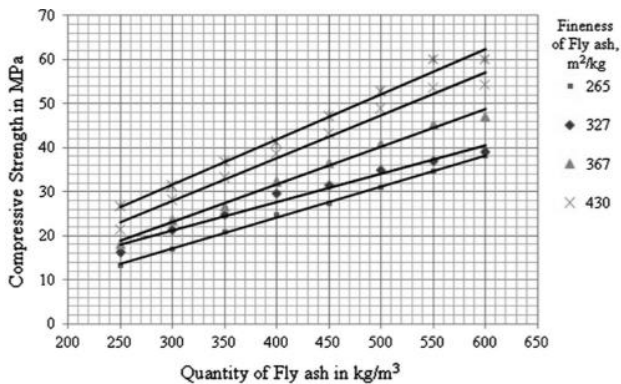
bidang kristal tersebut akan memantulkan radiasi sinar X dengan sudut-sudut tertentu.

Prinsip kerja XRD melibatkan sinar-X yang berinteraksi dengan bentuk kristal struktur material. Mineral dalam bentuk kristalin akan terbaca oleh alat XRD. Ketika sinar-X menyentuh suatu permukaan kristal struktur mineral dengan sudut tertentu, dimana sebagian akan berpendar pada lapisan pertama dan bagian yang tidak berpendar akan berpendar akibat menghantam atom pada lapisan kedua dan seterusnya yang di bawahnya.

2.7 Mix desain

Mix desain yang akan digunakan dalam penelitian merujuk pada penelitian penelitian terdahulu melalui jurnal yang pernah ditulis, mix desain yang pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya akan membentuk hipotesa dalam penentuan mix desain dalam penelitian ini.

Seperti yang dituliskan oleh (Patankar, 2015) yang mengusulkan pedoman desain beton geopolimer berbasis abu terbang yang berdasarkan kuantitas dan kehalusan abu terbang, Penelitian itu mendapatkan bahwa semakin besar penggunaan *fly ash* (dalam satuan kg/m^3) dan semakin besar nilai kehalusan *fly ash* (dalam satuan m^2/kg) semakin besar kuat tekan yang dihasilkan, hal ini dapat kita lihat pada gambar 2.5 berikut :



Gambar 2. 6 pengaruh jumlah fly ash terhadap kuat tekan dalam tingkat kehalusan yang berbeda

Penelitian itupun mengusulkan penggunaan rasio pengikat air terhadap geopolimer sebesar 0.35, rasio sodium silikat terhadap natrium hidroksida sebesar 1 dengan konsentrasi NaOH sebesar 13M. Ada pula metode mix desain dalam merancang beton geopolimer dengan *fly ash* kandungan kalsium tinggi yang diaktifkan dengan alkali seperti penelitian (Phoo-Ngernkham *et al.*, 2018) menggunakan pendekatan rasional, metode yang dilakukan terbilang mudah karena berdasar dari ACI 211.4R-93. Parameter studi yang digunakan terdiri dari konsentrasi NaOH yang berbeda, penggunaan alkali aktivator untuk rasio pengikat, dan ukuran agregat kasar. Langkah demi langkah yang diusulkan dirangkum sebagai berikut :

Step 1. Penentuan ukuran maksimum agregat kasar untuk pencampuran *alkali-activated high-calcium fly ash concrete* (AAHFAC), Tiga ukuran berbeda agregat kasar telah diselidiki, yaitu, 4,5– 9.5mm atau rata-rata 7 mm, 9.5-12.5mm atau rata-rata 10 mm, dan 12.5–20.0mm atau rata-rata 16 mm

Step 2. Menentukan kadar penggunaan larutan alkali aktivator presentasi udara yang berdasarkan ukuran agregat kasar sesuai standar ACI.

Step 3. Penyesuaian kadar larutan alkali aktivator akibat presentase kekosongan pada agregat halus.

Step 4. Menentukan rasio larutan alkali activator terhadap *fly ash* (AAS/FA). Pada penelitian tersebut mencoba mengadopsi kurva rasio AAS/FA.

Step 5. Menghitung kebutuhan bahan pengikat. Berat bahan pengikat yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan nilai larutan alkali aktivator setelah penyesuaian akibat presentase kekosongan pada agregat halus, dibagi dengan rasio AAS terhadap *fly ash* (FA)

Step 6. Menghitung massa jenis tiap alkali activator (NaOH dan Na_2SiO_3), dimana dalam studi terdahulu kedua aktivator tersebut memiliki kereaktifan lebih signifikan daripada alkali aktivator lainnya. Dalam penelitian yang akan dilakukan terdapat variasi terhadap perbandingan NaOH dan Na_2SiO_3 yaitu 1,5; 2; 2,5.

Step 7. Menghitung massa agregat halus dan agregat kasar yang akan digunakan menggunakan metode volume absolut dan presentasi agregat halus 30% dari total agregat dan 70% untuk agregat kasar.

Step 8. Menghitung dosis penggunaan *superplasticizer*. Dimana dalam penelitian yang akan dilakukan penulis ditentukan penggunaan *superplasticizer* sebesar 2% dari bahan pengikat.

Step 9. Validasikan kekuatan yang tercapai dengan rencana mix desain

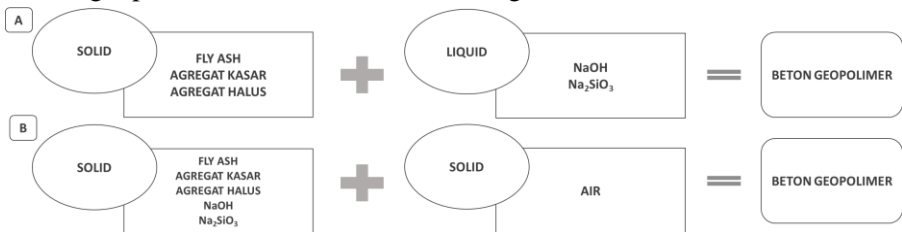
Step 10. Hitung ulang kembali dari step 4 dengan kekuatan yang diperoleh pada step 9.

2.8 Metode pencampuran basah & kering

Pada penelitian ini metode pencampuran akan berbeda dengan metode yang digunakan pada umumnya, dimana alkali aktivator yang digunakan berupa padatan. Metode pencampuran basah seperti yang dilakukan (Phoo-Ngernkham *et al.*, 2018) menggunakan NaOH yang dilarutkan dan sodium silikat larutan, pada proses ini memiliki kekurangan dimana beton akan mengalami setting time yang cepat dan nilai workabilitas yang kecil.

Metode pencampuran kering adalah metode dimana aktivator alkali digiling bersama dengan bahan pozzolan dengan komposisi

tertentu, menghasilkan butiran halus yang mirip dengan semen, atau disebut semen geopolimer, dimana pozzolan kali ini berupa *fly ash* tipe C. menurut penelitian (Bayuaji *et al.*, 2017) Dengan hadirnya semen geopolimer, masyarakat tidak perlu lagi menghitung komposisi perbandingan molaritas bahan kimia berupa aktivator larutan alkali dan pozzolan bahan yang biasa digunakan seperti yang biasa dilakukan pada metode pencampuran basah, berikut *flowchart* sederhana perbedaan pembuatan binder geopolimer metode basah dan kering.



Gambar 2. 7 *flowchart* pembuatan binder geopolimer metode pencampuran basah dan kering (Bayuaji *et al.*, 2017)

2.9 Curing

Perawatan yang digunakan dengan metode *ambient curing*, diikuti setelah lebih dari 24 jam, minimal selama umur 3 hari, agar kekuatan tekan dapat tercapai sesuai dengan rencana pada umur 7 hari, 14 hari, 28 hari, dan 56 hari dalam suhu ruang. Umur perawatan ini mengacu pada standart ASTM C 39-40 dan AASHTO T22-15¹

2.10 Jenis Pengujian Yang Digunakan

2.10.1 Kuat Tekan (Compressive Strength)

Kuat tekan atau *compressive strength* adalah besarnya beban yang yang dibebankan pada benda uji sampai titik hancurnya benda uji per luasan benda uji itu sendiri yang dimana pembebanan itu sendiri menggunakan mesin uji tekan. Proses pengujian kuat tekan dilakukan setelah beton disiapkan karena permukaan beton yang tidak selalu rata maka dilakukan capping menggunakan

senyawa sulfur/belerang untuk meratakan permukaan beton lalu diletakkan pada mesin uji tekan dimana mesin akan membaca beban yang dibutuhkan dan selalu naik sampai benda uji hancur dan angka pembacaan berhenti maka itulah angka kuat tekan beton yang diuji. Pengujian kuat tekan ini mengacu pada standart **ASTM C 39-04a dan AASHTO T22-15¹**. Salah satu sifat mekanik yang digunakan sebagai parameter *geopolymer* adalah kuat tekan. Kuat tekan *geopolymer* dapat dipengaruhi oleh :

- Umur *geopolymer*
- Temperatur dan lama waktu *curing*
- Kadar air dalam *geopolymer*

Untuk perhitungan beton pada umur 28 hari, menggunakan perhitungan sebagai berikut:

- Kuat tekan individu: $f_{ci} = \frac{P}{A}$ (2.1)

- Kuat tekan rata-rata: $f_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{ci}}{n}$ (2.2)

Dengan :

P = Beban maksimum (kg).

A = Luas penampang benda uji (cm²).

f_{ci} = Kuat tekan beton yang didapat dari hasil pengujian (kg/cm²).

f_{cr} = Kuat tekan beton rata-rata (kg/cm²).

n = Jumlah benda uji

2.10.2 Uji PH

Pengujian pH ini adalah pengukuran pH berdasarkan aktifitas ion hidrogen secara potensiometri atau elektrometri dengan menggunakan pH meter. Cara pengujian pH menggunakan acuan **ASTM D1293-2012**. Benda uji yang dipakai adalah beton geopolimer dengan cetakan silinder. Pengujian dilakukan dengan menggunakan pH meter. Untuk mengetahui derajat keasaman atau pH yang terkandung pada benda uji terdapat kriteria pH.

2.10.3 UPV

Pengujian UPV yang mengacu pada standart **ASTM C 597-09** dan (IS 13311 (Part 1), 1992) adalah pengujian kekuatan tekan beton secara tidak langsung, melalui pengukuran kecepatan perambatan gelombang elektronik longitudinal pada media beton Tes UPV dapat digunakan untuk:

1. Mengetahui keseragaman kualitas beton
2. Mengetahui kualitas struktur beton setelah umur beberapa tahun
3. Mengetahui kekuatan tekan beton
4. Menghitung modulus elastisitas dan koefisien poisson beton.

Tabel 2. 2 Klasifikasi Kualitas Berdasarkan Kecepatan Gelombang

Kecepatan gelombang longitudinal		Kualitas beton
km/ (detik.10 ³)	Ft/ detik	
>4,5	> 15	Sangat bagus
3,5 - 4,5	12 - 15	Bagus
3,0 - 3,5	10 - 12	Diragukan
2,0 - 3,0	7 - 10	Jelek
< 2,0	<7	Sangat jelek

(*International Atomic Energy Agency, 2002*)

Kecepatan gelombang ultrasonik dipengaruhi oleh kekakuan elastis dan kekuatan beton. Pada beton yang pematatannya kurang baik, atau mengalami kerusakan butiran material, gelombang *UPV* akan mengalami penurunan kecepatan. Perubahan kekuatan pada tes *UPV* ditunjukkan dengan perbedaan kecepatan gelombangnya; jika turun, adalah tanda bahwa beton mengalami penurunan kekuatan, sebaliknya jika kecepatannya naik, adalah tanda bahwa kekuatan beton meningkat (Hamidian, 2012). Whitehurst melakukan penelitian untuk mengetahui hubungan kecepatan gelombang dan kualitas beton, hasilnya seperti berikut.

2.10.4 Porositas

Porositas adalah ukuran banyaknya ruang kosong dalam bahan tertentu dan dalam hal ini adalah geopolimer. Pengujian porositas ini mengacu pada standar **ASTM C642-06** Porositas dapat dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{W_{sa} - W_d}{W_{sa} - W_{sw}} \times 100 \quad (2.3)$$

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)

2.10.5 Permeabilitas Udara

Daya tahan struktur beton di bawah pengaruh lingkungan yang agresif pada dasarnya tergantung pada kualitas dari lapisan permukaan yang relatif tipis (20 - 50 mm). Lapisan ini dimaksudkan untuk melindungi tulangan dari korosi yang mungkin terjadi sebagai akibat masuknya klorida sehingga membentuk pori beton atau efek kimia lainnya. Metode yang bisa digunakan untuk mengkarakterisasi struktur pori beton dan menghubungkannya dengan daya tahan adalah *permeability* beton baik terhadap udara dan air merupakan ukuran yang sangat baik untuk ketahanan beton terhadap masuknya media yang agresif dalam gas atau dalam keadaan cair dan dengan demikian merupakan ukuran daya tahan potensi beton tertentu.

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

Prinsip tes *permeability* udara adalah Tingkat di mana udara dari permukaan beton dapat dipisahkan. Metodologi tes *permeability* beton akan diletakkan di bawah vakum. Fitur penting dari metode pengukuran adalah sel vakum dua ruang dan regulator

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

Tabel 2. 3 Klasifikasi kualitas beton berdasarkan koef. Permeabilitas

tekanan yang menjamin aliran udara pada sudut kanan ke permukaan dan ke ruang dalam. permukaan kering tanpa retak harus dipilih untuk pengujian. Kelas kualitas permukaan beton kering ditentukan dari kT menggunakan Tabel 2.5.

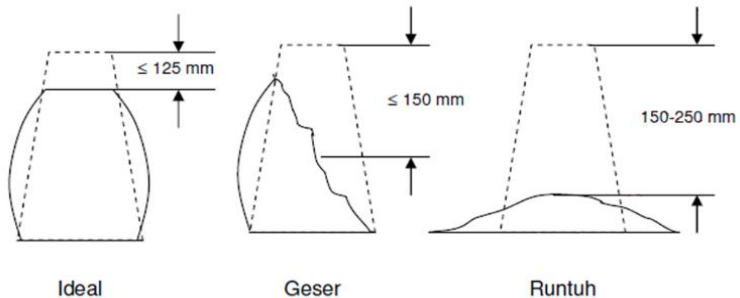
(*Operating Instructions Permeability Tester TORRENT*)

2.10.6 Uji Slump

Pengujian *slump* ini dilakukan berdasarkan **SNI 1972-2008 dan AASHTO T 119-99**. Pengujian nilai *slump* beton merupakan metode pemeriksaan kelecakan beton segar yang paling sering dilaksanakan karena mudah dilakukan di lapangan dengan alat uji sederhana dan hasilnya dapat memberikan gambaran yang baik tentang tingkat kemudahan beton segar untuk diaduk, dituang dan dipadatkan.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai *slump* beton adalah :

- Faktor air semen,
- Rasio agregat semen, dan
- umlah air yang digunakan



Gambar 2. 8 Bentuk-bentuk slump (SNI 1972-2008)

2.10.7 Resistivity

Resistivitas adalah salah satu faktor utama yang berpengaruh pada terjadinya korosi pada sebuah baja. Korosi terjadi karena adanya aliran ion antara anoda dengan katoda pada tulangan beton. Resistivitas mengontrol laju aliran ion tersebut dan karenanya resistivitas berdampak langsung pada peristiwa korosi. Dalam hal ini resistivitas yang diselidiki adalah resistivitas beton karena fungsinya adalah sebagai pelindung baja dari korosi sehingga resistivitas beton dapat mempengaruhi laju aliran ion. Berikut adalah rumus resistivitas menurut wenner :

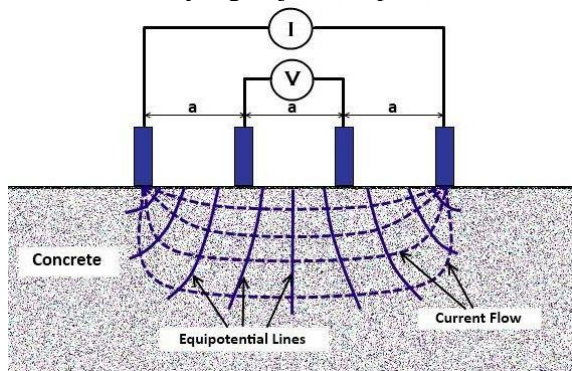
$$\rho \text{ (resistivitas)} = \frac{2 \cdot \pi \cdot a \cdot V}{I} \quad (2.4)$$

Keterangan : ρ = resistivitas ($\Omega \cdot m$)

a = jarak antar *probe* (elemen pendeteksi) (m)

V = tegangan dari alat resistivitas (Volt)

I = arus yang terjadi (ampere)



Gambar 2. 9 ilustrasi konsep kerja alat resistivitas dengan 4 batang probe

Rumus tersebut adalah rumus untuk menentukan nilai resistivitas dari beton dengan menggunakan alat resistivity wenner probe. Apabila arus yang terjadi besar maka laju aliran ion – ion juga akan semakin tinggi, sehingga akan membuat tulangan beton sangat berpotensi untuk terkena korosi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Umum

Metodologi adalah aspek salah satu aspek yang sangat penting dalam penelitian ini. Metodologi bertujuan agar sebuah penelitian lebih terarah dan hasil yang didapatkan lebih mudah diolah menjadi pengembangan untuk penelitian selanjutnya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi eksperimental, yaitu dengan melakukan percobaan secara langsung di laboratorium yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi rasio aktivator pada beton geopolimer terhadap kuat tekan dan durabilitas beton. Alkali aktivator yang digunakan adalah sodium silikat (Na_2SiO_3) dan sodium hidroksida (NaOH) dengan perbandingan 1,5; 2; dan 2,5 dengan menggunakan molaritas rendah sebesar 8M dengan metode pencampuran kering.

3.2 Studi Literatur

Hal pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan studi literatur yang berfokus pada jurnal tentang beton geopolimer berbasis *fly ash*. Studi literatur dilakukan dengan mendalami materi yang relevan dengan penelitian. Studi ini dilakukan dengan cara mencari, mempelajari, serta memahami jurnal, buku-buku, dan referensi dari berbagai sumber yang relevan dengan penelitian yang dilakukan, referensi tersebut setidaknya membahas hal-hal mengenai :

- a. Geopolimer
- b. *Fly ash*
- c. Alkali aktivator
- d. Agregat kasar
- e. Agregat Halus
- f. *Mix design*
- g. *Superplasticizer*
- h. *Curing*
- i. Pengujian geopolimer (Kuat tekan, Porositas, uji slump, upv, uji *PH*, *resistivity*, dan Permeabilitas).

Ada pun studi literatur yang secara mendalam menjadi referensi dalam *mix design* berasal dari laporan penelitian “*A Mix Design Procedure for Alkali-Activated High-Calcium Fly Ash Concrete Cured at Ambient Temperature*” yang ditulis Tanakorn Phoongrnkham dkk.

3.3 Variabel Penelitian

variabel-variabel penelitian akan dibagi menjadi 3 yaitu, variabel bebas, variabel terikat, variabel kontrol. Variabel-variabel tersebut dijelaskan sebagai berikut :

3.3.1 Variabel Bebas

Pada penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah rasio alkali aktivator (Na_2SiO_3) dan (NaOH) yang terdiri dari 1.5; 2; dan 2.5 yang dimana rasio itu akan mempengaruhi komposisi dari beton geopolimer itu sendiri.

3.3.2 Variabel Terikat

Pada penelitian ini yang menjadi variabel terikat atau hasil penelitian adalah :

1. porositas beton geopolimer.
2. Kuat tekan beton geopolimer.
3. Porositas beton geopolimer.
4. Permeabilitas beton geopolimer.
5. UPV beton geopolymer.
6. Uji pH dan slump.

3.3.3 Variabel Kontrol

Variabel terkendali merupakan variabel yang memiliki fungsi sebagai pengendali terhadap faktor yang dapat mempengaruhi hasil dari penelitian. Variabel pengendali terhadap hasil penelitian ini adalah:

1. Alat, bahan dan cara kerja yang sama.
2. Pengujian beton pada umur 7, 14, 28, 56 hari.
3. Perawatan *curing* pada suhu ruangan.

4. Molaritas NaOH yang dipakai adalah 8M.
5. Beton geopolimer dengan mix desain yang sama tetapi dengan sp 0%

3.4 Persiapan bahan penelitian

Bahan-bahan yang perlu dipersiapkan meliputi :

3.4.1 Agregat kasar

Agregat kasar yang akan digunakan diuji terlebih dahulu, meliputi analisa saringan, pengujian berat jenis kerikil, berat volume lepas, dan, keausan agrgat kasar.

a. Analisa Saringan

Analisa saringan dibutuhkan untuk mengetahui ukuran maksimum agregat kasar untuk, langkah-langkah analisa saringan sebagai berikut :

- Bersihkan saringan dan pan dengan ukuran saringan 37,5mm, 19mm, 9,5mm, 4,75mm, 2,36mm, dan ditambah dengan pan.
- Timbang wadah yang akan digunakan tiap ukuran saringan.
- Susun saringan dan pan dari atas ke bawah dengan urutan nomor saringan terbesar ke terkecil.
- Timbang kerikil hingga 16kg.
- Masukkan kedalam susunan saringan dan pan secara bertahap
- Digetarkan ± 10 menit
- Timbang dan catat berat kerikil yang tertinggal pada tiap-tiap nomor saringan, ketelitian dalam menimbang diijinkan dengan kesalahan lebih kurang 0,5%-1%

b. Pengujian berat jenis kerikil

Berikut langkah-langkah pengujian berat jenis kerikil :

- Kerikil direndam dalam air selama 24 jam.
- Setelah 24 jam, kerikil diangkat dan dilap satu demi satu sehingga kondisi kering permukaan (SSD).
- Ditimbang kondisi SSD sebanyak 3kg.
- Lalu agregat yang ditimbang sebesar 3kg ditimbang lagi dalam air (C).
- Dilakukan pengujian sampai 3x.
- Rumus berat jenis SSD

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{3000}{3000 - C} \times \text{Kg/dm}^3 \quad (3.1)$$

c. Pengujian Berat Volume Lepas

Langkah-langkah pengujian berat volume lepas :

- Takaran ditimbang (A) dengan volume takaran sebesar 10 liter.
- Lalu takaran diisi kerikil dan diratakan, kemudian ditimbang (B).
- Volume takaran (10 liter) diberi tanda (C) maka pada perhitungan rumus dapat dituliskan seperti berikut dari rumus tersebut diperoleh data sebagai berikut :

$$\text{Berat Volume Lepas} = \frac{B-A}{C} \times \text{Kg/dm}^3 \quad (3.2)$$

d. Pengujian keausan agregat kasar

Mengacu pada ASTM C-131 dan SNI2417:2008 berikut Langkah-langkah pengujiannya:

- Menentukan jumlah bola yang digunakan sesuai tipe gradasi agregat
- benda uji (a) dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin abrasi Los Angeles
- putaran mesin dengan kecepatan 30 rpm sampai dengan 33 rpm
- setelah selesai 500 pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan No.12 (1,70 mm), butiran yang tertahan di atasnya dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada temperatur $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ sampai berat tetap (b).
- jika material contoh uji homogen, pengujian cukup dilakukan dengan 100 putaran, dan setelah selesai pengujian disaring dengan saringan No.12 (1,70 mm) tanpa pencucian. Perbandingan hasil pengujian antara 100 putaran dan 500 putaran agregat tertahan di atas saringan No.12 (1,70 mm) tanpa pencucian tidak boleh lebih besar dari 0,20.
- Nilai keausan kerikil yang diuji dihitung dengan cara berikut :

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (3.3)$$

3.4.2 Agregat Halus

Dilakukan terlebih dahulu uji agregat halus yang terdiri dari Analisa saringan, pengujian berat jenis pasir dan berat volume lepas.

a. Analisa Saringan Pasir (ASTM-C136-2004)

Analisa ini bertujuan untuk menentukan gradasi atau pembagian ukuran butir tanah (*grain size distribution*)

- Alat :
 - Timbangan.
 - 1 set ayakan.
 - Oven.
 - Alat penggetar.
- Bahan :
 - Pasir.
- Prosedur :
 - 1) Bersihkan saringan dan urutkan dari paling bawah pan, 0.149, 0.297, 0.59, 1.19, 2.38, 4.76.
 - 2) Timbang pasir kering oven 1000 gram.
 - 3) Memasukkan pasir yang telah ditimbang dalam susunan saringan.
 - 4) Saringan digetarkan dengan alat penggetar ± 10 menit
 - 5) Timbang dan catat berat pasir pada tiap-tiap nomor saringan

b. Pengujian Berat Jenis Pasir (SG)

Berat jenis pasir digunakan pada perhitungan penggunaan *alkali activator solution* (AAS), berikut langkah-langkah pengujian berat jenis pasir.

- Timbang labu takar 1000cc .
- Timbang pasir kondisi SSD (Saturated Surface Dry) 500 gram.
- Pasir dimasukkan ke dalam labu takar, ditimbang lagi (sebagai kontrol).
- Labu takar diisi air sampai batas kapasitas, dan diputar-putar

- dengan posisi tangan miring supaya gelembung udara keluar.
- Sesudah itu ditambah air hingga batas kapasitas dan ditimbang **(B)**.
 - Pasir dan air dikeluarkan dari labu takar, lalu labu takar diisi air hingga batas kapasitas dan ditimbang **(C)**, dan berikut rumus yang digunakan untuk menentukan Berat Jenis Pasir.

$$\text{Berat jenis pasir SSD} = \frac{500}{500+C-B} \quad (3.4)$$

c. Berat Volume Lepas

Sama halnya dengan kerikil, pasir akan dilakukan pengujian berat volume lepas untuk mengetahui densitas atau masa jenis dari pasir itu dengan cara menimbang berat pasir per satuan volume wadahnya, Berikut langkah-langkah pengujian berat volume lepas:

- Takaran ditimbang (A) dengan volume takaran sebesar 3 liter.
- Lalu takaran diisi pasir dan diratakan, kemudian ditimbang (B).
- Volume takaran (3 liter) diberi tanda (C)

Dari rumus tersebut didapatkan data sebagai berikut :

$$\text{berat volume lepas} = \frac{B - A}{C} \times \text{Kg}/dm^3 \quad (3.5)$$

3.4.3 Analisa / Uji Karakteristik *Fly Ash*

a. Uji XRF (*X-Ray Flourence*)

X-Ray Flourence (XRF) bertujuan untuk menganalisis komposisi kimia (senyawa oksida) yang terkandung dalam sampel dengan menggunakan metode spektometri.

b. SEM-EDX

Sampel *fly ash* dianalisis morfologinya lebih mendetail dengan menggunakan SEM. Sampel dilapisi emas sebelum dilakukan pengujian. Prinsip kerja dari SEM ini adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas elektron yang dipantulkan dengan energy tinggi. berkas elektron

akan memantul kembali atau dinamakan berkas elektron sekunder ke segala arah. Pengujian ini dilakukan di Lembaga penelitian dan pengabdian masyarakat (LPPM ITS).

c. Uji XRD (*X-Ray Diffraction*)

X-Ray Diffraction (XRD) di uji di lab karakterisasi material departemen material dan metalurgi ITS bertujuan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel.

d. Berat Jenis *Fly Ash*

Berat jenis *fly ash* yang digunakan ada kemungkinan dengan penelitian-penelitian terdahulu, maka dari itu dilakukan uji berat jenis *fly ash* yang akan berpengaruh pada perhitungan mix desain.

3.4.4 Alkali Aktivator

Pada penelitian ini penggunaan alkali aktivator sangat penting untuk mereaksikan unsur-unsur yang terkandung dalam *fly ash*. Alkali yang akan digunakan pada penelitian kali adalah natrium hidroksida (NaOH) dan sodoium silikat (Na_2SiO_3).

a. Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium Hidroksida memiliki fungsi mereaksi unsur-unsur Si^{4+} dan Al^{3+} yang ada pada *fly ash* sehingga menghasilkan ikatan polimerisasi yang kuat. Pada mix desesain yang ditinjau dari penelitian (Phoo-Ngernkham *et al.*, 2018) dibutuhkan nilai *density* NaOH dalam perhitungan mix desainnya, maka dari itu dilakukan pengujian *density* pada NaOH yang akan digunakan, berikut langkah-langkah pengujiannya :

- Menghitung jumlah NaOH padat yang akan dilarutkan dengan air hingga 1liter larutan.

$$M = \left(\frac{\text{gram}}{\text{Mr}}\right) \times \left(\frac{1000}{v}\right) \quad (3.6)$$

Pada rumus tersebut diketahui molaritas yang akan digunakan sebesar 8M dan Mr NaOH sebesar 40, sehingga dapat diketahui kebutuhan NaOH padatan sebesar 320 gram.

- NaOH padatan ditimbang sebanyak 320 gram pada gelas ukur.



Gambar 3. 1 menimbang NaOH di gelas ukur.

- Lalu NaOH dilarutkan dengan air hingga 1 liter di piknometer yang ketelitiannya mencapai ± 0.04 ml, air tambahkan sampai batas ukur piknometer.



Gambar 3. 2 larutan NaOH di piknometer dan batas piknometer.

- Larutan NaOH pada pada piknometer ditimbang dengan mengurai berat pikno itu sendiri.
- Setelah ditimbang berat tersebut dibagi dengan volume piknometer.

b. sodium silikat (Na_2SiO_3)

Sodium silikat (Na_2SiO_3) atau *waterglass* adalah nama umum dari sodium metasilikat. Sodium silikat mempunyai fungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi. Pada penelitian ini akan meninjau 3 variasi ratio antara sodium silikat dan natrium hidroksida yaitu : 1,5; 2; 2,5; jumlah sodium siikat yang akan digunakan sesuai rumus yang ditinjau dari penelitian *Tanakorn Phoo-ngernkham et. Al.*, seperti berikut ini :

$$\text{Na}_2\text{SiO}_3 = \frac{\text{AAS}}{[1+(1/(\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH}))]} \quad (3.7)$$

3.4.5 Superplasticizer

superplasticizer bertujuan untuk mengurangi kadar air sambil mempertahankan hasil kerja yang konstan (*workability*) dalam kekuatan dan daya tahan beton. Penggunaan *superplasticizer* yang efektif berada pada angka 0.8% sampai 2% dari jumlah bahan pengikat yang dimana bahan pengikat disini berupa *fly ash*. *Superplasticizer* yang akan digunakan pada penelitian ini sebesar 2%.

3.5 Perhitungan *Mix Design*.

Pembuatan *mix design* ini dilakukan sesuai dengan penelitian terdahulu oleh (Tanakorn Phoo-ngernkham, 2018). Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Adapun *mix design* yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan Ukuran Maksimum Agregat Kasar

Dalam langkah ini bertujuan untuk memilih ukuran maksimum agregat kasar yang akan digunakan dalam pencampuran beton geopolimer. Berdasarkan penelitian terdahulu telah diselidiki 3 ukuran agregat kasar yang berbeda antara lain, 4,5–9.5mm atau rata-rata 7 mm, 9.5-12.5mm atau rata-rata 10 mm, dan 12.5–20.0mm atau rata-rata 16 mm, untuk menentukan larutan alkali aktivator yang akan digunakan.

Tabel 3. 1 maksimum kandungan larutan dan presentasi udara dalam 1 meter kubik

maximum size of the aggregate	Maximum water content (kg/m ³)	Percentage of void (%)
10	225	3
12.5	215	2.5
20	200	2

2. Penyesuaian Larutan Alkali Aktivator akibat presentasi kekosongan pada agregat halus

Penyesuaian larutan alkali aktivator dihitung setelah mnguji agregat halus untuk menentukan *density* dan *specific gravity* untuk digunakan dalam persamaan berikut :

$$AAS_{\text{adjustment}} = \left| \left\{ \left[1 - \left(\frac{\rho_{RS}}{SG\rho_w} \right) \right] \times 100 \right\} - 35 \right| \times 4,75 \quad (3.8)$$

yang dimana kita ketahui :

AAS_{djstment} = penyesuaian larutan alkali aktivator (kg/m³)

ρ_{RS} = densitas agregat halus dalam kondisi SSD(kg/m³)

SG = *specific gravity* agregat halus

ρ_w = densitas air (1000 kg/m³)

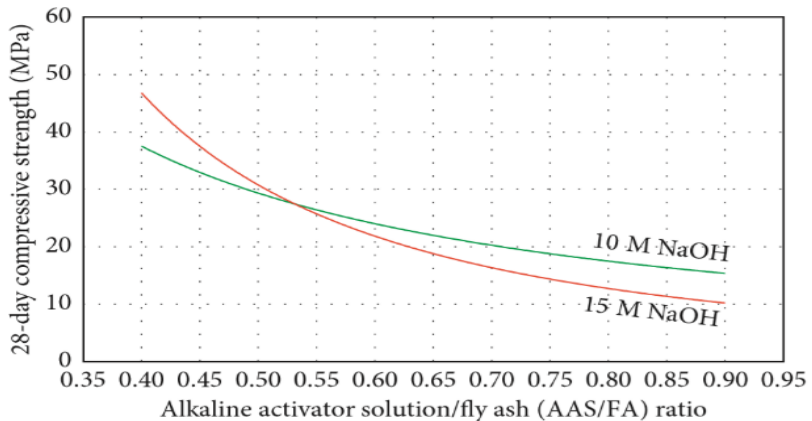
Lalu nilai AAS_{adjustment} tersebut ditambahkan dengan nilai kadar air maksimum sehingga ditemukan nilai penggunaan alkali aktivator sebesar :

$$AAS = (40,2 + 200) \text{ kg/m}^3$$

$$AAS = 240,2 \text{ kg/m}^3$$

3. Menentukan Rasio Larutan Alkali Aktivator Terhadap Fly Ash (AAS/FA)

Dalam menentukan rasio larutan alkali aktivator terhadap *fly ash*, digunakan grafik kuat tekan 28 hari dengan rasio AAS/FA seperti gambar 3.3.



Gambar 3.3 grafik hubungan kuat tekan 28 Hari dengan Rasio AAS/FA

Dari gambar 3.3, kekuatan tekan minimum 28 hari dari **38Mpa**, ditemukan bahwa rasio AAS/FA sebesar **0,40** ketika menggunakan 10M NaOH sebagai larutan alkali aktivator, 10M NaOH digunakan sebagai pendekatan 8M NaOH.

4. Menentukan Jumlah penggunaan *Fly Ash* per meter kubik

Setelah menentukan rasio AAS/FA, kita dapat mengetahui jumlah penggunaan *fly ash* per meter kubik dengan cara membagi antara jumlah penggunaan larutan alkali aktivator terhadap rasio AAS/FA seperti rumus berikut :

$$FA \text{ content} = \frac{AAS \text{ content}}{\frac{AAS}{FA} \text{ ratio}} \quad (3.9)$$

Dimana diketahui :

FA content = jumlah penggunaan *fly ash* (kg/m^3)

AAS content = jumlah penggunaan alkali aktivator ($240,2 \text{ kg}/m^3$)

AAS/FA ratio = rasio larutan alkali aktivator terhadap *fly ash* (0,4)

Dari rumus 3.9 diketahui jumlah penggunaan *fly ash* per meter kubik sebesar **600,50 kg/m^3**

5. Menentukan kandungan Natrium Hidroksida (NaOH) dan Sodium Silikat (Na₂SiO₃)

Pada penelitian ini alkali aktivator yang digunakan adalah NaOH dan Na₂SiO₃, untuk menentukan kandungan NaOH dan Na₂SiO₃ perlu ditentukan terlebih dahulu rasio Na₂SiO₃ terhadap NaOH yang dimana penelitian ini akan membandingkan 3 variasi rasio antara NaOH dan Na₂SiO₃ yang terdiri dari 1,5; 2; dan 2,5. Sehingga kandungan alkali aktivator dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Na}_2\text{SiO}_3 = \frac{\text{AAS}}{\left[1 + \left(1/(\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH})\right)\right]} \quad (3.10)$$

$$\text{NaOH} = \text{AAS} - \frac{\text{AAS}}{\left[1 + \left(1/(\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{NaOH})\right)\right]} \quad (3.11)$$

Tabel 3. 2 kandungan NaOH dan Na₂SiO₃ setiap variasi rasio

No	Perbandingan		Hasil (kg/m ³)	
	NaOH	Na ₂ SiO ₃	NaOH	Na ₂ SiO ₃
1	1	1.5	96.0835	144.1252
2	1	2	80.06958	160.1392
3	1	2.5	68.63107	171.5777

6. Menentukan Kandungan Agregat Halus Dan Agregat Kasar

Kandungan agregat kasar dan agregat halus ditentukan menggunakan metode volume absolut, dimana presentase agregat halus sebesar 30% dari total agregat dan presentase agregat kasar sebesar 70% dari total agregat. Perlu diketahui untuk menghitung volume *fly ash* dan alkali aktivator perlu diketahui densitas masing-masingnya. Sehingga kandungan agregat halus dan kasar dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut :

$$M_{RS} = 0.3 S_{G(RS)} [1 - V_{FA} - V_{NaOH} - V_{Na_2SiO_3} - V_{air}] \times 1000 \quad (3.12)$$

$$M_{RS} = 0.7 S_{G(LS)} [1 - V_{FA} - V_{NaOH} - V_{Na_2SiO_3} - V_{air}] \times 1000 \quad (3.13)$$

Diketahui :

MRS = jumlah kandungan agregat halus (kg/m^3)

MLS = jumlah kandungan agregat kasar (kg/m^3)

SG(RS) = Berat jenis pasir

SG(LS) = Berat jenis kerikil

VFA = volume *fly ash*

VNaOH = volume NaOH

VNa₂SiO₃ = volume Na₂SiO₃

Vair = volume udara yang terperangkap

Tabel 3. 3 Kandungan agregat halus dan kasar masing-masing rasio

	RASIO 1,5	RASIO 2	RASIO 2,5
MRS (kg/m ³)	508	510	512
MLS (kg/m ³)	1141	1146	1150

7. Menentukan Dosis *superplasticizer*

Dosis *superplasticizer* efektif untuk berkisar antara 0,8 dan 2% dari jumlah penggunaan *fly ash* untuk meningkatkan *workability* beton geopolimer. Penggunaan dosis *superplasticizer* pada penelitian ini menggunakan dosis efektif terbesar yaitu 2%.

$$SPdosage = \left(\frac{2}{100} \right) \times 600,50 = 12,01 \text{ kg/m}^3$$

8. Menghitung massa padatan NaOH, Na₂SiO₃, dan massa air yang digunakan

Pada tahap ini adalah mengubah hasil mix desain metode basah menjadi metode kering yang dimana berat kebutuhan larutan alkali aktivator diubah menjadi berat kebutuhan padatan alkali aktivator dan berat kebutuhan air.

Tabel 3. 5 Perbandingan massa NaOH dan Air dalam konsentrasi 8 molar larutan NaOH

density NaOH 8M					
percobaan 1		1251.4	kg/m3		
percobaan 2		1256.2	kg/m3		
percobaan 3		1262.5	kg/m3		
rata-rata		1256.7	kg/m3		

Molaritas	NaOH	Air	Padatan/ Larutan	Padatan/ Air	Berat NaOH/kg
	gr	gr			
8M	320	936.7	25%	34%	0.255

Tabel 3. 4 Hasil pengujian gravimetri larutan Na₂SiO₃ (%)

Na ₂ SiO ₃			
H ₂ O	Na ₂ O	SiO ₂	Total
46.44	18.71	21.7	86.85

- Menghitung NaOH dalam wujud padat (Wph).
 $\text{NaOH}_{\text{Padat}} (\text{Wph})$ rasio 1:1,5 = $96.083 \times 25\% = 24.5004 \text{ Kg}$
 $\text{NaOH}_{\text{Padat}} (\text{Wph})$ rasio 1:2 = $80.070 \times 25\% = 20.4179 \text{ Kg}$
 $\text{NaOH}_{\text{Padat}} (\text{Wph})$ rasio 1:2,5 = $68.630 \times 25\% = 17.5007 \text{ Kg}$
- Menghitung Na₂SiO₃ dalam wujud padat (Wps).
 $\text{Na}_2\text{SiO}_3\text{Padat} (\text{Wps})$ rasio 1:1,5 = $(144.13 \times (40.41))/86.85 = 67.06 \text{ Kg}$
 $\text{Na}_2\text{SiO}_3\text{Padat} (\text{Wps})$ rasio 1:2 = $(160.14 \times (40.41))/86.85 = 74.51 \text{ Kg}$
 $\text{Na}_2\text{SiO}_3\text{Padat} (\text{Wps})$ rasio 1:2,5 = $(171.58 \times (40.41))/86.85 = 79.83 \text{ Kg}$
- Menghitung massa air dalam suatu larutan NaOH (Wwlh)
 Air dalam larutan NaOH (Wwlh) rasio 1:1,5 = $96.083 - 24.5004 = 71.5796 \text{ Kg}$
 Air dalam larutan NaOH (Wwlh) rasio 1:2 = $80.070 - 20.4179 = 59.6521 \text{ Kg}$

Air dalam larutan NaOH (Wwlh) rasio 1:2,5 = $68.630 - 17.5007 = 51.1293$ Kg

- Menghitung massa air dalam suatu larutan Na_2SiO_3 (Wwls)

Air dalam larutan Na_2SiO_3 (Wwls) rasio 1:1,5 = $144.13 - 67.06 = 77.065$ Kg

Air dalam larutan Na_2SiO_3 (Wwls) rasio 1:2 = $160.14 - 74.51 = 86.530$ Kg

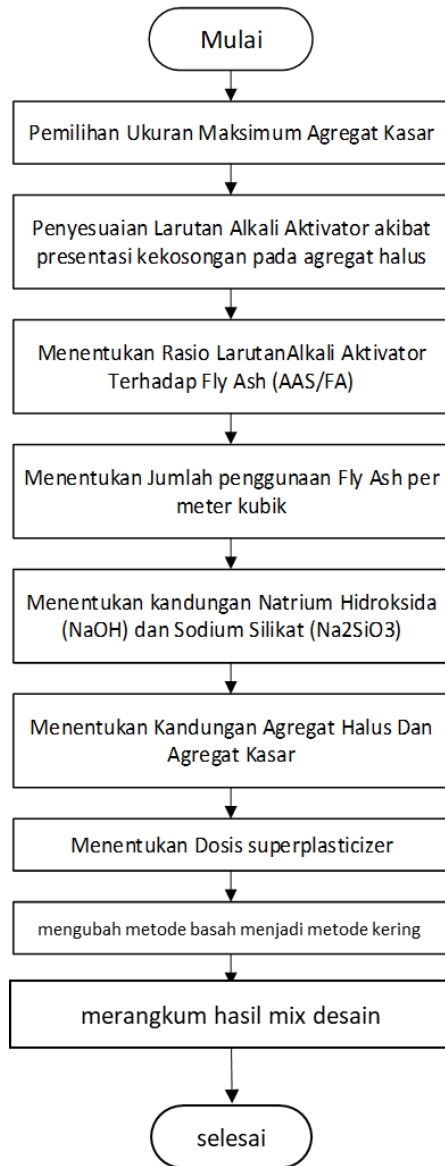
Air dalam larutan Na_2SiO_3 (Wwls) rasio 1:2,5 = $171.58 - 79.83 = 91.750$ Kg

- Menghitung massa air total (Wtotal) dalam suatu larutan aktivator NaOH dan Na_2SiO_3

Air total dalam larutan aktivator (Wtot) rasio 1:1,5 = $71.5796 + 77.065 = 148.6496$ Kg

Air total dalam larutan aktivator (Wtot) rasio 1:2 = $59.6521 + 86.530 = 145.2822$ Kg

Air total dalam larutan aktivator (Wtot) rasio 1:2,5 = $51.1293 + 91.750 = 142.8794$ Kg



Gambar 3. 4 diagram alir mix desain

3.6 Pembuatan Benda Uji Beton Geopolimer

Setelah menghitung mix desain dengan variasi rasio alkali aktivator yang terdiri dari 1,5; 2; 2,5; selanjutnya akan dilakukan pembuatan benda uji beton geopolimer untuk setiap komposisi variasi rasio alkali aktivator, masing-masing akan dibuat 3 benda uji sesuai pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan tinggi 30cm dan diameter silinder 15cm, dimana total benda uji ada 36 silinder. Tahap-tahap pembuatan terdiri dari :

a. Persiapan alat

Alat-alat yang akan digunakan antara lain :

- Loyang / Cawan
- Timbangan digital
- Cetakan silinder beton geopolimer 15 x 30 cm dan 10 x 20 cm
- Kerucut abrams (uji slump)
- Bola baja
- Mesin grinder dan mesin mixing

b. Persiapan bahan

Bahan-bahan yang akan digunakan antar lain :

- *Fly ash*
- NaOH
- Na_2SiO_3
- *Superplasticizer*
- Air
- Agregat

1. Pembuatan Semen Geopolimer

Sebelum dilakukan pencampuran dan menjadi sampel beton, hal pertama yang harus dilakukan yaitu membuat semen geopolimer. Pembuatan semen ini dilakukan dengan proses yang dinamakan grinding. Proses ini dilakukan dengan bantuan mesin grinder semen. Berikut langkah Langkah dalam proses grinding :

- a. Timbang *fly ash*, NaOH, dan Na₂SiO₃ sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan dalam perhitungan masing-masing mix desain.
- b. Masukkan *fly ash*, NaOH, dan Na₂SiO₃ dalam satu variasi mix desain yang sudah ditimbang kedalam alat grinder
- c. Masukkan bola baja kedalam alat grinder
- d. Tutup alat grinder dengan penutup dengan rapat dan dilapisi oleh kain lap penutup agar tidak ada *fly ash* atau alkali yang terbuang keluar melalui celah kecil penutup grinder.
- e. Putar alat grinder dengan kecepatan $\pm 13,31$ sebanyak 500 putaran.
- f. Setelah selesai 500 putaran, alat grinder akan mati otomatis, buka penutup grinder lalu keluarkan terlebih dahulu bola baja dan dikuaskan di sebuah wadah agar mengurangi semen geopolimer yang terbuang.
- g. keluarkan semen geopolimer yang telah di grinding kedalam wadah yang telah disiapkan

2. Pembuatan Benda Uji Geopolimer

Setelah alat dan bahan sudah disiapkan, proses selanjutnya adalah membuat benda uji geopolimer dimana komposisi berat tiap bahan telah ditimbang dan ditentukan sesuai dengan hasil mix desain yang telah dihitung, berikut tahapan-tahapan membuat benda uji : Ayak kerikil dan seleksi agar mendapatkan kerikil yang bagus dan tidak rapuh sebanyak kebutuhan pada *mix design*

- a. Masukkan agregat kasar ke dalam mixer lalu diikuti dengan agregat halus. Tunggu sampai agregat kasar dan halus tercampur rata
- b. Masukkan *superplasticizer* ke dalam mixer, tunggu sampai tercampur rata dengan agregat
- c. Masukkan semen geopolimer yang telah dipersiapkan kedalam *mixer*, tunggu sampai tercampur rata
- d. Setelah tercampur rata, masukan air yang telah dipersiapkan kedalam mixer.

- e. Tunggu sampai tercampur rata lalu keluarkan adukan beton dari mesin mixer dan diakumulasi di loyang besar
- f. Lumuri cetakan dengan oli, sebelum adonan dimasukkan ke dalam cetakan agar saat melepas cetakan tidak lengket.
- g. Masukkan adukan beton yang berada di wadah kedalam cetakan bekisting, jangan lupa untuk memasukkan beton segar itu juga kedalam kerucut abrams
- h. Ratakan permukaan beton yang ada pada cetakan beton
- i. Cetakan bisa dilepas setelah beton mengeras dimana untuk konsentrasi NaOH 8M membutuhkan waktu lebih dari 2 hari.
- j. Setelah itu, diberi label sesuai dengan komposisi yang telah dibuat.
- k. Simpan dalam suhu ruang selama 7, 14, 28, dan 56 hari

3.7 Perawatan Benda Uji (*Curing*)

Curing (perawatan) ini dilakukan untuk mencegah penguapan air yang berlebihan pada beton. Karena kandungan air atau pencampur dalam beton sangat mempengaruhi kekuatan dari beton itu sendiri. *Curing* ini dilakukan dengan cara dibiarkan dalam suatu ruangan dan suhu ruangan tersebut dipantau dan didata selama 4 fase, pagi, siang sore, dan malam, didapatkan suhu ruang berkisar $31\pm 3^{\circ}\text{C}$. Untuk waktu penyimpanan beton selama 56 hari, 28 hari, 14 hari, dan 7 hari.

3.8 Pengujian Beton

1. Uji Slump

Uji Slump adalah suatu uji empiris/metode 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. Uji Slump mengacu pada SNI 1972-2008 dan ICS 91.100.30.

1. Bahan :
 - Beton geopolimer segar yang diambil saat setelah pengadukan.
2. Alat :
 - Kerucut (kerucut yang bagian runcingnya hilang) sebagai cetakan slump. Diameter bawah 30 cm, diameter atas 10 cm, tinggi 30 cm.
 - Batang logam bulat dengan panjang ± 50 cm diameter 10-16 mm.
 - Pelat Logam rata dan kedap air sebagai alas
 - Sendok adukan
 - Pita Ukur
3. Prosedur :
 - Basahi cetakan kerucut dan plat dengan kain basah
 - Letakkan cetakan di atas plat
 - Isi 1/3 cetakan dengan beton segar, padatkan dengan batang logam sebanyak merata dengan menusukkannya. Lapisan ini penusukan bagian tepi dilakukan dengan besi dimiringkan sesuai dengan dinding cetakan. Pastikan besi menyentuh dasar. Lakukan 25-30 x tusukan.
 - Isi 1/3 bagian berikutnya (menjadi terisi 2/3) dengan hal yang sama sebanyak 25-30 x tusukan. Pastikan besi menyentuh lapisan pertama.
 - Isi 1/3 akhir seperti tahapan nomor 4
 - Setelah selesai dipadatkan, ratakan permukaan benda uji, tunggu kira-kira 1/2 menit. Sambil menunggu bersihkan kelebihan beton di luar cetakan dan di plat.
 - Cetakan diangkat perlahan tegak lurus ke atas
 - Ukur nilai slump dengan membalikkan kerucut di sebelahnya menggunakan perbedaan tinggi rata-rata dari benda uji.
 - Toleransi nilai slump dari beton segar ± 2 cm

2. Pengujian pH

Pengujian pH dilakukan di Lab Teknik lingkungan ITS, dimana langkah pengujian merupakan standar operasional prosedur yang berlaku di lab tersebut.

3. Pengujian Kuat Tekan

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

Test kuat tekan beton dilakukan di laboratorium struktur Diploma Sipil - ITS. Adapun beberapa prosedur yang dilakukan dalam melakukan test kuat tekan beton geopolimer ini, yaitu :

1. Ratakan permukaan beton yang akan di test tekan dengan alat pemotong beton agar gaya tekan pada beton lebih merata pada semua permukaan beton lebih merata pada semua permukaan beton lalu timbang beton dan catat hasilnya.



Gambar 3. 5 dari kiri kekanan a) penghalusan benda uji, b) hasil penghalusan benda uji, c) menimbang benda uji



Gambar 3. 6 meletakkan benda uji secara vertikal

2. Letakkan beton secara berdiri (vertikal) pada alat tekan dan pilih permukaan yang telah di haluskan tadi sebagai permukaan yang terbebani.
3. Mesin dinaikkan secara perlahan dengan kecepatan konstan.
4. Pada saat angka pada di layar alat kuat tekan berhenti, catat berapa besar kuat tekannya ke dalam satuan ton dimana angka tersebut akan muncul pada layar diatas mesin kuat tekan. Besarnya angka yang ditunjukkan pada saat layar diatas mesin maksimum, merupakan beban yang mampu dipikul beton dalam satuan Kgf, sehingga untuk mendapatkan kuat tekan yang diinginkan maka besarnya beban dalam satuan Kgf tersebut harus dibebani dengan luas permukaan beton yang terbebani.

4. Pengujian UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity*)

Pengujian dilakukan untuk mengetahui mutu beton dan homogenitas beton. Pada penelitian beton digunakan frekuensi antara 50 sampai dengan 60 KHz. vibrasi longitudinal dihasilkan oleh *electro accustical transducers*, yang dihubungkan dengan salah satu permukaan beton yang diteliti. Setelah vibrasi longitudinal menyebrangi panjang (L) beton, vibrasi tersebut diubah menjadi signal elastik oleh transducers penerima dan *electronic timing circuit* mengubah waktu T dari vibrasi yang

diukur.

Alat :

- *Ultrasonic Tester Torrent*

Bahan :

- Benda uji silinder
- Stempet
- Kapi

Prosedur:

1. Pasang kabel pada alat *UPV*.



Gambar 3. 7 pemasangan kabel UPV

2. *Setting* sesuai tebal benda uji yang digunakan dengan step : menu-distance-klik start/reset-klik kiri atau kanan sesuai angka dalam satuan meter-klik end



Gambar 3. 8 setting alat UPV

3. Oleskan stempet dengan menggunakan kepi pada kedua ujung alat/benda uji lalu ratakan



Gambar 3. 9 pengaplikasian stempet dan stempet yang digunakan (merk cobra)

4. Tempelkan kedua alat *UPV* pada dua sisi beton hingga nilai rambatan gelombang muncul pada layar.



Gambar 3. 10 penggunaan alat upv pada benda uji

5. Catat hasil v kemudian analisis kualitas beton geopolimer menggunakan tabel 3.3 berikut:

Kecepatan Gelombang Longitudinal		Kualitas beton
Km/detik.10 ³	Ft/detik	
>4,5	>15	Sangat bagus
3,5-4,5	13-15	Bagus
3-3,5	10-13	Diragukan
2,0-3,0	7-10	Jelek
<2,0	<7	Sangat jelek

Tabel 3. 6 Kualitas beton berdasarkan kecepatan gelombang

5. Pengujian *Permeability* Beton Geopolimer

Untuk mengetahui kemudahan beton untuk dilalui oleh cairan atau gas.

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 beton.
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 pengerjaan ulang beton maka pilih tombol *start* dan lakukan ulang seperti prosedur di atas.
9. Analisis kualitas beton geopolimer menggunakan tabel 3.6 berikut :

Tabel 3. 7 Kelas kualitas permukaan beton

Kualitas permukaan beton	Indeks	kT ($10^{-8}m^2$)
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

6. Pengujian *Resistivity*

Korosi yang terjadi pada beton disebabkan proses kimia yang terjadi di dalam beton. Korosi pada beton terjadi akibat terbentuknya ettringite akibat reaksi kimia antara unsur kalsium di dalam beton dengan garam sulfat dari luar. Korosi ini menyebabkan pengembangan volume beton sehingga menyebabkan massa beton terdesak dan pecah

Resistivitas adalah salah satu faktor utama yang berpengaruh pada terjadinya korosi pada sebuah baja. Korosi terjadi karena adanya aliran ion antara anoda dengan katoda pada tulangan beton. Resistivitas mengontrol laju aliran ion tersebut dan karenanya resistivitas berdampak langsung pada peristiwa korosi
rumus resistivitas menurut wenner :

$$\rho \text{ (resistivitas)} = (2 \cdot \pi \cdot a \cdot V) / I \quad (3.14)$$

Keterangan : ρ = resistivitas ($\Omega \cdot m$)

a = jarak antar probe (elemen pendeteksi) (m)

V = tegangan dari alat resistivitas (Volt)

I = arus yang terjadi (Ampere)

Langkah kerja :

- Siapkan alat uji dan benda uji.



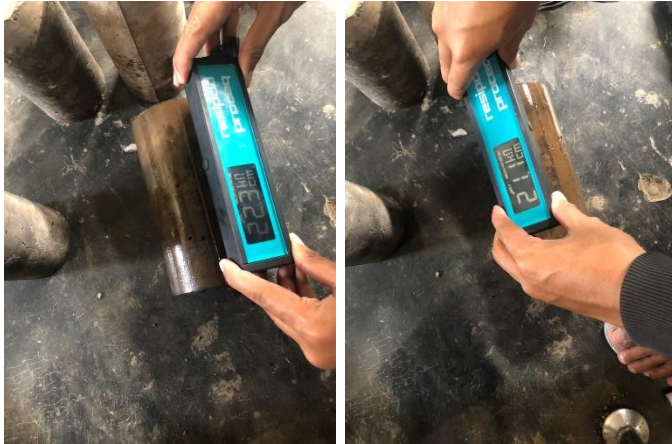
Gambar 3. 11 alat resistivity dan benda uji

- Bersihkan permukaan benda uji
- Tentukan lokasi uji
- Basahi permukaan yang akan diuji dengan air secukupnya



Gambar 3. 12 membasahi benda uji dengan air

- Lakukan pengujian pada titik uji dengan alat Resipod Proceq dengan cara menekan alat tersebut
- Pindahkan alat uji ke titik uji selanjutnya



Gambar 3. 13 uji resistivity pada beton geopolimer

- catat hasil yang tertera pada alat di setiap titik yang sudah ditandai

7. Pengujian porositas

Porositas adalah besarnya presentase ruang kosong atau besarnya kadar pori yang terdapat pada beton dan merupakan salah satu factor utama yang mempengaruhi kekuatan beton. Berikut langkah-langkah pengujian porositas.

- Melepas benda uji dari cetakkan setelah umur 1 hari dan kemudian dirawat di bak curing.
- Sampel masing-masing umur benda uji diangkat dari bak curing dan dianginkan
- Menyiapkan benda uji lalu di masukkan ke dalam oven dengan suhu 100c selama 24jam.
- Benda uji dikeluarkan dari oven dan diangin-anginkan pada suhu kamar (25c) diulang sekali lagi kemudian ditimbang dan diapatkan berat beton kondisi kering oven (C).
- benda uji dialiri air sampai semua benda uji benar-benar terendam air. Perendaman benda uji dilakukan selama 24 jam. Setelah perendaman 24 jam kemudian ditimbang dalam air dan

- didapatkan berat beton dalam air (A).
- Benda uji dikeluarkan dari dalam air dan dilap permukaannya untuk mendapatkan kondisi SSD kemudian sampel ditimbang dan didapatkan berat beton kondisi SSD setelah perendaman (B)

Dari hasil pengujian diatas kemudian dihitung besarnya porositas benda uji dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Porositas} = \frac{B-C}{B-A} \times 100\% \quad (3.15)$$

Diketahui :

A : berat sampel dalam air, *W_{water}* (gram)

B ; berat sampel kondisi SSD, *W_{saturation}* (gram)

C : berat sampel kering oven, *W_{dry}* (gram)

3.9 Analisa Data

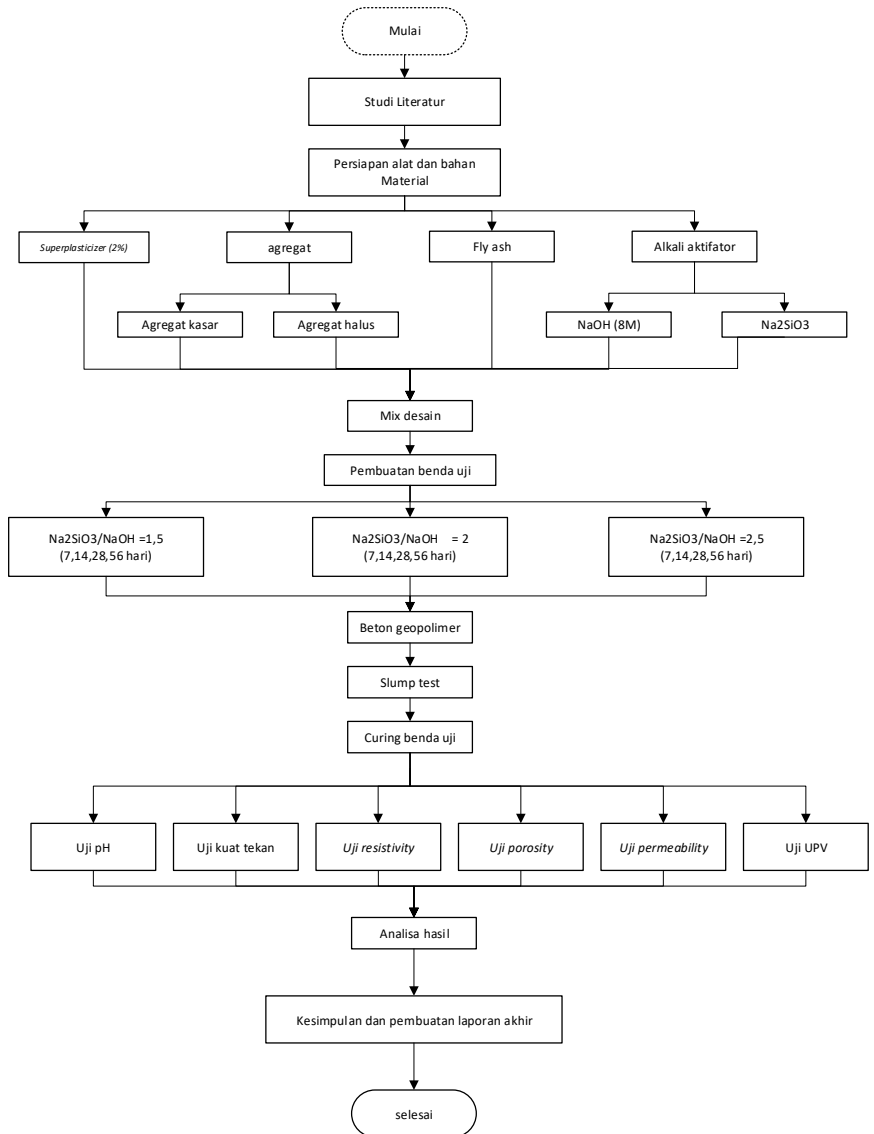
Tahap analisa data adalah hasil pengecekan produk pengujian. Analisa data berperan dalam pembuatan kesimpulan dari pengerjaan proyek akhir ini. Analisa data dilakukan dengan cara membandingkan variabel-variabel yang ada dengan kemampuan geopolimer yang dicapai. Hal ini dilakukan untuk mengetahui efek dari variabel tersebut terhadap kemampuan yang ingin dianalisa yang meliputi kuat tekan dan *durability*.

3.10 Pembuatan Laporan Akhir dan Kesimpulan

Penyusunan laporan akhir dan pengambilan keputusan dilakukan setelah melakukan analisa data yang telah diperoleh. Evaluasi hasil pengujian perlu dilakukan guna mengetahui kelebihan dan kekurangan produk untuk membenahan kualitas prototipe beton geopolimer agar bisa diterapkan di kemudian hari.

3.11 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat dari gambar berikut :



Gambar 3. 14 Diagram Alir Penelitian

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1 Umum

Penelitian ini menggunakan 8M kadar NaOH dalam pembuatannya yang dan Na_2SiO_3 untuk mengetahui mutu beton yang dapat dihasilkan dengan beton bermolaritas rendah dan apakah mampu mencapai 35 Mpa di umur beton 28 hari, variasi perbandingan NaOH dan Na_2SiO_3 , dan pada penelitian ini menggunakan variasi 1;1,5; 1;2; dan 1;2.5.

4.2 Hasil pengujian *fly ash* dan material lainnya

4.2.1 XRD (X-Ray Diffraction)

Pengujian XRD dilakukan untuk menngetahui persentase amorf dan kristalin yang terdapat pada *fly ash* dan juga mengetahui kandungan mineral, ditunjukkan pada Tabel 4.1 berikut,

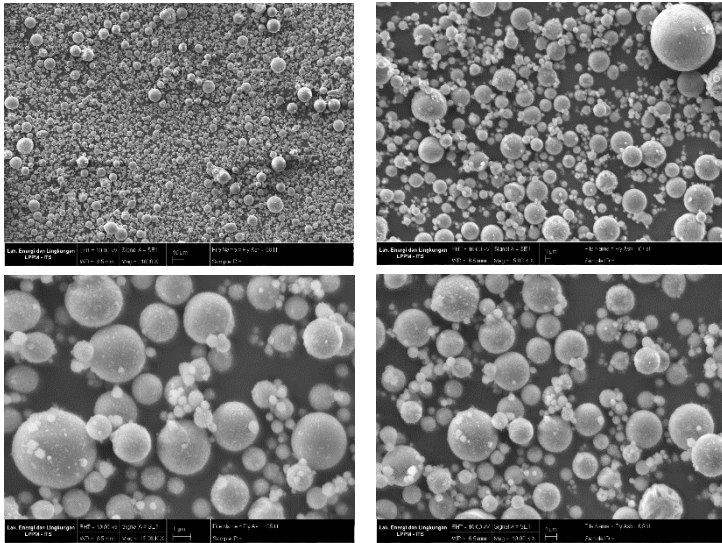
Tabel 4. 1 uji XRD material *fly ash*

mineral	%
magnesite	18,38
periclase	9,23
brownmillerite	7,43
quartz	4,3
anhydrite	2,98
maghemite	1,49
lime	1,4
amorphous	54,72

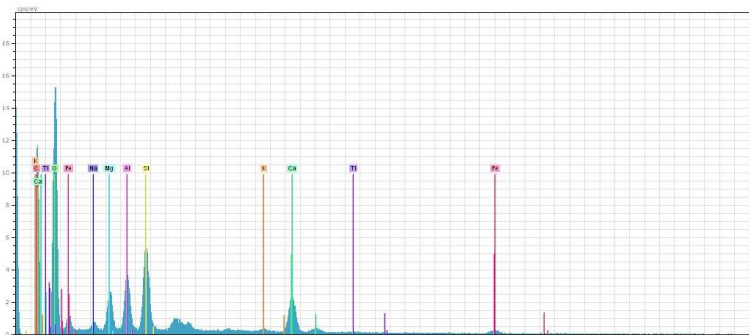
Tabel 4. 1 menunjukkan persentase kristalin yang teridentifikasi sebesar 45,82% dengan berbagai jenis mineral, fasa amorf yang lebih besar daripada fasa kristalin, dan juga mineral yang terkandung seperti quartz, anyhydrite, lime, periclase merupakan identifikasi bahwa *fly ash* yang digunakan termaksud klasifikasi tipe C (Tishmack, Olek and Diamond, 1999).

4.2.2 SEM-EDX

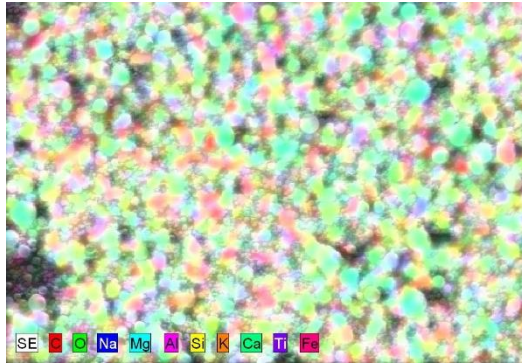
Uji SEM (Scanning Electron Microscope) dilakukan untuk melihat bentuk partikel *fly ash* dan uji EDX (Energy Dispersive X-ray) untuk melihat jumlah unsur kimia yang terdapat pada *fly ash* yang digunakan seperti gambar-gambar berikut :



Gambar 4. 1 gambar hasil SEM *fly ash* dengan perbesaran dari kiri atas ke kanan 1000x, 5000x, 10.000x, dan d)15.000x



Gambar 4. 2 grafik hasil uji EDX *fly ash*



Gambar 4. 3 persebaran unsur hasil uji *fly ash*

Tabel 4. 2 konsentrasi unsur pada *fly ash*

El	AN	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
O	8	K-series	35.36	43.52	51.14	17.2
C	6	K-series	15.48	19.06	29.83	2.3
Fe	26	K-series	9.62	11.84	3.99	0.6
Ca	20	K-series	8.88	10.93	5.13	0.3
Si	14	K-series	6.45	7.94	5.32	0.3
Al	13	K-series	2.78	3.42	2.39	0.2
Mg	12	K-series	1.75	2.15	1.67	0.1
Ti	22	K-series	0.52	0.65	0.25	0.1
K	19	K-series	0.29	0.36	0.17	0.0
Na	11	K-series	0.12	0.14	0.12	0.0
Total:			81.26	100.00	100.00	

Dari gambar diatas dapat diketahui bentuk bulat hampir sempurna (*spherical shape*) hampir sama dengan bentuk yang tidak beraturan dimana bentuk bulat tersebut lebih besar daripada bentuk tidak beraturan disekelilingnya, bentuk bulat yang tersebar adalah besarnya fasa pada *fly ash* (Pratiwi, 2019), sedangkan bentuk parikel kecil tidak beraturan merupakan fasa kristalin yang terdapat pada *fly ash* yang ukurannya jauh lebih kecil (Kutchko and Kim, 2006). Dimana bentuk tersebut menyebabkan *ball bearing effect* yang menyebabkan kemampuan alir yang lebih baik sehingga meningkatkan *workability* (Jimianta, 2017) juga besarnya fasa amorf berbanding lurus dengan cepatnya laju reaksi *fly ash*.

4.2.3 XRF (X-Ray Fluorescence)

Untuk menentukan memastikan *fly ash* yang digunakan masuk dalam kasifikasi tipe C, ada 3 parameter yang dapat diganakan dari uji XRF ditinjau dari (ASTM, C618-12a) Pertama, Kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ sebesar 60,4% lebih dari 50% dan kurang dari 70%, Kedua, kadar sulfur trioxide (SO_3) kurang dari 5%, ketiga, kadar kalsium hidroksida (CaO) lebih dari 10%, berikut tabel hasil uji XRF.

Tabel 4. 3 hasil uji XRF *fly ash* PLTU paiton

Senyawa Oksida	Fe_2O_3	SiO_2	CaO	Al_2O_3	MoO_3	HgO	MgO	K_2O
Kadar (%)	32.55	21.2	29,6	6.65	3,8	1,5	1,35	1,1

Dari hasil diatas *fly ash* yang digunakan dalam pembuatan beton geopolimer masuk dalam klasifikasi tipe C.

4.2.4 Berat jenis *fly ash*

Berikut adalah hasil uji berat jenis *fly ash* :

Tabel 4. 4 Hasil uji berat jenis *fly ash*

BERAT JENIS FLY ASH			
Percobaan 1	Percobaan 2		Percobaan 3
Pikno A	178.3	Pikno B	191.4
Pikno A + minyak	572.9	Pikno B + minyak	586
Pikno A + minyak + fly ash	754.7	Pikno B + minyak + fly ash	767.6
minyak + fly ash (B)	576.4	minyak + fly ash (B)	576.2
minyak (C)	394.6	minyak (C)	394.6
fly ash (A)	250	fly ash (A)	250
Berat Jenis	2.93	Berat Jenis	2.92

Diketahui dalam tiga kali percobaan berat jenis *fly ash* rata-rata berada pada $2,93 \text{ gr/cm}^3$ yang dimana nanti akan digunakan dalam perhitungan mix desain.

4.2.5 Agregat kasar

Agregat kasar atau kerikil yang digunakan dalam pembuatan beton geopolimer ini dibeli dari toko bangunan didekat kampus ITATS yang sebelumnya telah diuji terlebih dahulu, terdiri dari Analisa saringan, uji berat jenis, dan uji berat volume lepas.

a. Analisa Saringan kerikil

Tabel 4. 5 Analisa Saringan Agregat Kasar (ASTM C 136-01)

Lubang Ayakan inc/mm	Batu Pecah			Batu Pecah			Batu Pecah		
	Gram	Tertahan %	tertahan kumulatif %	Gram	Tertahan %	tertahan kumulatif %	Gram	Tertahan %	tertahan kumulatif %
1 1/2 "	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3/4 "	80.0	0.50	0.50	228.5	1.43	1.43	25.2	0.16	0.16
3/8 "	14580	91.89	92.40	14180	88.88	90.31	14680	91.95	92.10
4,76	1169.3	7.37	99.77	1250	7.83	98.14	1157.6	7.25	99.35
2,38	37	0.23	100.00	296	1.86	100.00	103.1	0.65	100.00
1,19			100.00			100.00			100.00
0,59			100.00			100.00			100.00
0,297			100.00			100.00			100.00
0,149			100.00			100.00			100.00
0									
Jumlah	15866.3		692.67	15954.5		689.89	15965.9		691.62
	FKr =	6.93		FKr =	6.90		FKr =	6.92	

b. Berat jenis kerikil

Tabel 4. 6 Berat Jenis Kerikil

Kerikil			
	Kodisi SSD (gr)	Dalam air (gr)	berat jenis (Sg)
Sampel 1	3000.7	1889.6	2.701
Sampel 2	3000.7	1867.8	2.649
Sampel 3	3000.5	1883.3	2.686
Rata-rata			2.678

c. Pengujian berat volume lepas

Tabel 4. 7 data berat volume lepas agregat kasar (ASTM C29/C 29M-97)

	Berat takaran (A)	Takaran + kerikil (B)	Volume Takaran (C)	Berat Volume (kg/m3)
Uji 1	5.39	19.12	10	1373.0
Uji 2	5.39	19.32	10	1393.0
Uji 3	5.39	19.08	10	1369.0
Rata-rata				1378.333

d. Pengujian keausan kerikil

Tabel 4. 8 data uji keausan agregat kasar (SNI 2417-2008)

Uji abrasi kerikil				
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	satuan
A=	5000	5000	5000	gr
B=	3918.6	4029.4	3992.8	gr
Nilai Keausan	21.63	19.41	20.1	%
Rata-rata	20.39			%
standar keausan	<40			%

Dari hasil pengujian kerikil yang dilakukan, diketahui kerikil yang digunakan memenuhi syarat, dan siap digunakan untuk pembuatan beton geopolimer.

4.2.6 Agregat halus

Agregat halus atau pasir yang digunakan dalam beton geopolimer ini juga dibeli ditempat yang sama dengan agregat kasar, berikut data pengujian agregat halus yang digunakan :

a. berat jenis agregat halus

Tabel 4. 9 data uji berat jenis agregat halus (SNI 1970-2008)

	Kondisi SSD (A)	Pasir + Labu + Air (B)	Labu + Air (C)	Berat Jenis Sg (Ls)
Uji 1	500	1579.1	1258.5	2.787
Uji 2	500	1578.9	1258.5	2.784
Uji 3	500	1578.5	1258.5	2.778
Rata-rata				2.783

b. Volume lepas agregat halus

Tabel 4. 10 Data uji berat volume lepas agregat halus (ASTM C29)

	Berat takaran (A)	Takaran + Pasir (B)	Volume Takaran (C)	Berat Volume (kg/m ³)
Uji 1	2.44	7.22	3	1593.3
Uji 2	2.44	6.98	3	1513.3
Uji 3	2.44	7.8	3	1786.7
Uji 4	2.44	6.64	3	1400.0
Rata-rata				1573.333

c. Analisa ayakan agregat halus

Tabel 4. 11 hasil Analisa ayakan agregat halus (ASTM C136)

No. Ayakan (mm)	Tertahan (gram)			persentasi tertahan			persentase lolos ayakan		
	uji1	uji2	uji3	uji1	uji2	uji3	uji1	uji2	uji3
4.86	6.6	6	4	1%	1%	0%	99%	99%	100%
2.38	15.3	20.5	12.4	2%	2%	1%	98%	97%	98%
1.19	58.6	54.7	32.8	6%	5%	3%	92%	92%	95%
0.59	168.8	161.7	130.7	17%	16%	13%	75%	76%	82%
0.29	228.2	218	227.5	23%	22%	23%	52%	54%	59%
0.149	341.7	351.6	388.8	34%	35%	39%	18%	19%	20%
pan	180	187	203	18%	19%	20%	0%	0%	0%
Jumlah	999.2	999.5	999.2						

Dari hasil pengujian agregat halus, diketahui pasir yang digunakan memenuhi syarat, dan siap digunakan untuk pembuatan beton geopolimer.

4.3 Komposisi Beton

1. Rangkumkan Hasil *Mix Design* metode basah

Dari data yang sudah terkumpul sebelumnya hasil perhitungan tersebut dirangkumkan sebagai berikut :

Tabel 4. 12 Rangkuman mix desain metode basah

	RASIO 1,5	RASIO 2	RASIO 2,5	satuan
FA =	601	601	601	kg/m ³
MRS =	508	510	512	kg/m ³
MLS =	1141	1146	1150	kg/m ³
NaOH =	96.08	80.07	68.63	kg/m ³
Na ₂ SiO ₃ =	144.13	160.14	171.58	kg/m ³
SP =	12	12	12	kg/m ³
BJ Beton =	2502	2509	2514	kg/m ³

2. Jumlah massa padatan NaOH, Na₂SiO₃, dan massa air masing-masing rasio.

Pada tabel 4.13 jumlah massa padatan alkali aktivator dan air dalam metode kering harus sama dengan jumlah larutan alkali

activator, dan tiap rasio memiliki jumlah yang sama sebab menggunakan konsentrasi molaritas NaOH yang sama.

Tabel 4. 13 Rangkuman jumlah aktivator metode basah dan kering

metode basah			
	rasio 1:1,5	rasio 1:2	rasio 1:2,5
<i>fly ash</i>	601	601	601
larutan NaOH	96.08	80.07	68.63
larutan Na ₂ SiO ₃	144.13	160.14	171.58
air	-	-	-
total	841.21	841.21	841.21
metode kering			
	rasio 1:1,5	rasio 1:2	rasio 1:2,5
<i>fly ash</i>	601	601	601
padatan NaOH	24.5004	20.41785	17.50065
padatan Na ₂ SiO ₃	67.06	74.51	79.83
air	148.6496	145.28215	142.8794
total	841.21	841.21	841.21

Tabel 4. 14 Hasil mix desain metode pencampuran kering

Material	RASIO 1,5	RASIO 2	RASIO 2,5
	kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³
FA	600.5	600.5	600.5
RS (Pasir)	508.0	510.3	512.0
LS (Kerikil)	1140.9	1146.0	1149.7
NaOH	24.5	20.4	17.5
Na ₂ SiO ₃	67.05931	74.510345	79.83251
Air	148.7	145.3	142.9
SP	12.0	12.0	12.0
BJ Beton	2501.6	2509.1	2514.5
FAS	0.215	0.209	0.205

Dari tabel 4.14 peningkatan rasio alkali aktivator menyebabkan turunnya faktor air semen, hal ini dikarenakan jumlah padatan NaOH yang digunakan juga terus berkurang dan jumlah padatan Na_2SiO_3 terus bertambah, faktor air semen terkecil berada pada rasio 2,5.

**a) Variasi Perbandingan NaOH dan Na_2SiO_3 1:1,5
Penambahan sp 2%**

Pada pengerjaan variasi 1:1,5 yang dikerjakan pada tanggal 12 maret 2020 dengan mix desain seperti pada table dibawah, nilai pada kolom konversi merupakan hasil dari volume 7 buah silinder ukuran 15x30 dan 2 buah silinder ukuran 10x20 yang akan digunakan sebagai cetakan beton. Pengerjaan pada tanggal 12 maret diperuntukkan untuk usia beton 28 dan 56 hari, sedangkan untuk usia 7 dan 14 hari dikerjakan pada tanggal 23 april 2020, jarak waktu pengerjaan yang terbentang jauh disebabkan oleh pandemic virus covid-19 yang mengharuskan ditiadakannya kegiatan dikampus. Hal itu juga berpengaruh kepada ukuran sample usia 7 dan 14 hari, agar imun tubuh tetap baik maka harus menjaga Kesehatan agar tidak mudah sakit ataupun lelah maka sampel untuk 7 dan 14 hari menggunakan mold silinder ukuran 10x20 sebanyak 7 sampel dan 3 sampel diameter 15cm dengan tinggi 5cm sebagai permeabilitas.

Tabel 4. 15 mix desain untuk variasi 1:1,5 untuk 28 dan 56 hari

REKAP MIX DESIGN		
Material	8M	konversi
	kg/m ³	
FA	600.5	24.172
RS (Pasir)	508.0	20.44924
LS (Kerikil)	1140.9	45.92185
NaOH	24.5	0.984807
Na ₂ SiO ₃	67.1	2.699248
Air	148.7	5.984745
SP	12.0	0.48344
BJ Beton	2501.6	100.6953
FAS	0.215	0.215
AAS/FA	0.4	

Tabel 4. 16 mix desain untuk variasi 1:1,5 untuk 7 dan 14 hari

REKAP MIX DESIGN		
Material	8M	konversi
	kg/m ³	
FA	600.5	8.194897
RS (Pasir)	508.0	6.93279
LS (Kerikil)	1140.9	15.56863
NaOH	24.5	0.333873
Na ₂ SiO ₃	67.1	0.915111
Air	148.7	2.028974
SP	12.0	0.163898
BJ Beton	2501.6	34.13817
FAS	0.215	0.215
AAS/FA	0.4	

**b) Variasi Perbandingan NaOH dan Na₂SiO₃ 1:2
Penambahan sp 2%**

Untuk variasi 1:2 dilaksanakan pada 8 april 2020, dan untuk variasi 1:2 menggunakan mold silinder 10x20 cm sebanyak 14 buah mold dan 3 buah diameter 15cm dengan tinggi 5cm.

Tabel 4. 17 mix desain untuk variasi 1:2 untuk semua umur beton

REKAP MIX DESIGN		
Material	8M	konversi
	kg/m ³	
FA	600.5	14.79798
RS (Pasir)	510.3	12.57569
LS (Kerikil)	1146.0	28.2406
NaOH	20.4	0.502411
Na ₂ SiO ₃	74.5	1.836074
Air	145.3	3.580706
SP	12.0	0.29596
BJ Beton	2509.1	61.82942
FAS	0.209	0.209
AAS/FA	0.4	

**c) Variasi Perbandingan NaOH dan Na₂SiO₃ 1:2,5
Penambahan sp 2%**

Pengerjaan variasi 1:2,5 juga dibagi dua yang pertama untuk usia 28 dan 56 hari dilaksanakan pada tanggal 02 maret 2020 dan menggunakan 7 buah mold ukuran 15x30 dan 2 buah mold ukuran 10x20. Pengerjaan untuk usia 7 dan 14 hari dilaksanakan pada tanggal 14 april 2020 7 buah mold ukuran 10x20 dan 3 buah mold diameter 15cm dengan tinggi 5cm.

Tabel 4. 18 mix desain untuk variasi 1:2,5 untuk 28 dan 56 hari

REKAP MIX DESIGN		
Material	8M	konversi
	kg/m ³	
FA	600.5	24.172
RS (Pasir)	512.0	20.60819
LS (Kerikil)	1149.7	46.2788
NaOH	17.5	0.703433
Na ₂ SiO ₃	79.8	3.213391
Air	142.9	5.751975
SP	12.0	0.48344
BJ Beton	2514.5	101.2112
FAS	0.205	0.205
AAS/FA	0.4	

Tabel 4. 19 mix desain untuk variasi 1:2,5 untuk 7 dan 14 hari

REKAP MIX DESIGN		
Material	8M	konversi
	kg/m ³	
FA	600.5	8.194897
RS (Pasir)	512.0	6.986678
LS (Kerikil)	1149.7	15.68964
NaOH	17.5	0.238481
Na ₂ SiO ₃	79.8	1.089418
Air	142.9	1.95006
SP	12.0	0.163898
BJ Beton	2514.5	34.31307
FAS	0.205	0.205
AAS/FA	0.4	

d) Variasi dengan sp 0%

Variasi tanpa menggunakan sp di tujuan sebagai pembanding untuk mengetahui seberapa besar pengaruh sp terhadap beton geopolimer, untuk sp 0% hanya dibuat dalam umur 28 hari. Dan berikut hasil mix desain ketiga variasi tanpa menggunakan sp.

Tabel 4. 20 mix desain untuk variasi 1:1,5 sp 0% **Tabel 4. 21** mix desain untuk variasi 1:2 sp 0%

REKAP MIX DESIGN		
Material	$\frac{8M}{kg/m^3}$	KONVERSI
FA	600.5	5.6597851
RS (Pasir)	508.0	4.7881139
LS (Kerikil)	1140.9	10.752434
NaOH	24.5	0.2305888
Na ₂ SiO ₃	67.1	0.6320191
Air	148.7	1.4013061
SP	0.0	0
BJ Beton	2489.6	23.464247
FAS	0.215	0.215

REKAP MIX DESIGN		
Material	$\frac{8M}{kg/m^3}$	KONVERSI
FA	600.5	5.6597851
RS (Pasir)	510.3	4.809824
LS (Kerikil)	1146.0	10.801188
NaOH	20.4	0.1921574
Na ₂ SiO ₃	74.5	0.7022435
Air	145.3	1.3695132
SP	0.0	0
BJ Beton	2497.1	23.534711
FAS	0.209	0.209

Tabel 4. 22 mix desain untuk variasi 1:2,5 sp 0%

REKAP MIX DESIGN		
Material	$\frac{8M}{kg/m^3}$	KONVERSI
FA	600.5	5.6597851
RS (Pasir)	512.0	4.8253313
LS (Kerikil)	1149.7	10.836011
NaOH	17.5	0.1647063
Na ₂ SiO ₃	79.8	0.7524037
Air	142.9	1.346804
SP	0.0	0
BJ Beton	2502.5	23.585042
FAS	0.205	0.205

4.4 Hasil uji beton geopolimer

4.4.1 Uji Slump

Pengujian Slump dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan beton geopolimer dalam kemampuan alir beton, homogenitas beton atau kerataan beton teraduk dan kemampuan beton segar dalam kelecakan dan juga kondisi plastis beton yang

Tabel 4. 23 hasil uji slump sp 2%

VARIASI	sp	NILAI SLUMP	TANGGAL
rasio 1:1,5	2%	19.5	12-Mar
rasio 1;2	2%	19	8-Apr
rasio 1:2,5	2%	7	14-Apr

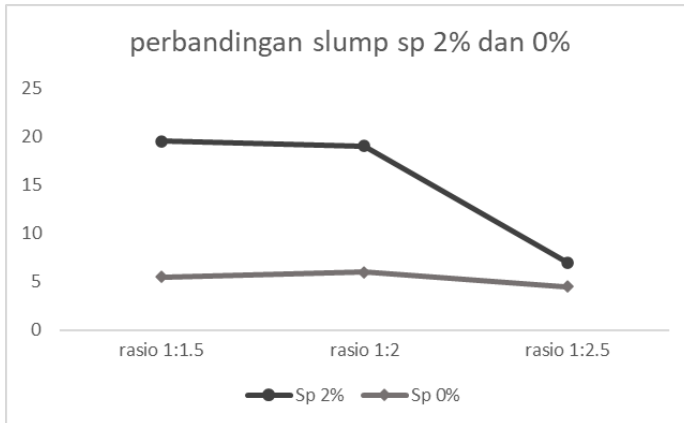
diukur pada tinggi keruntuhan pada alat uji slump, berikut nilai slump untuk rasio NaOH dan Na₂SiO₃ 1:1,5; 1:2; 1;2.5.

Hasil diatas menggambarkan peningkatan rasio antara NaOH dan Na₂SiO₃ menyebabkan turunnya nilai slump dimana hal ini disebabkan Na₂SiO₃ yang difungsikan untuk mempercepat reaksi polimerisasi, semakin banyak Na₂SiO₃ yang digunakan semakin cepat juga laju reaksi polimerisasinya (Malkawi *et al.*, 2016), juga, Na₂SiO₃ menghasilkan Si(OH)₄ yang sulit menyerap dan mengikat pada *superplasticizer* yang bersifat anionik, hal itu pun membuat persebaran *superplasticizer* tidak merata dan menyebabkan turunnya nilai slump (Xie and Kayali, 2016).

Pada tabel berikut ini akan menampilkan nilai slump untuk beton geopolimer sp0% dan akan dibandingkan dengan nilai slump tersebut dengan beton geopolimer yang menggunakan sp 2%.

Tabel 4. 24 hasil uji slump sp 0%

VARIASI	NILAI SLUMP	TANGGAL
1.5 sp0	5.5	20-Apr
2 sp0	6	20-Apr
2.5 sp0	4.5	21-Apr



Gambar 4. 4 grafik perbandingan slump beton geopolimer dengan sp 2% dan 0%

Dari hasil diatas menunjukkan bahwa slump beton geopolimer dengan menggunakan sp 2% lebih besar daripada beton geopolimer tanpa menggunakan slump, hal ini juga telah dibuktikan pada penelitian sebelumnya, dimana kenaikan pada penambahan sp menghasilkan nilai slump yang lebih tinggi (Pandaleke, 2014).

4.4.2 Kuat Tekan

Pada sub bab berikut ini akan dibahas mengenai tes kuat tekan beton geopolimer, berikut akan ditampilkan hasil pengujiannya yang dilakukan di laboratorium struktur dan material gedung di kampus Teknik infrastruktur sipil, setiap variasi diuji dengan 3 benda pengujian untuk masing-masing komposisi campuran berikut data kuat tekan tersebut :

Tabel 4. 25 data kuat tekan variasi 1:1,5

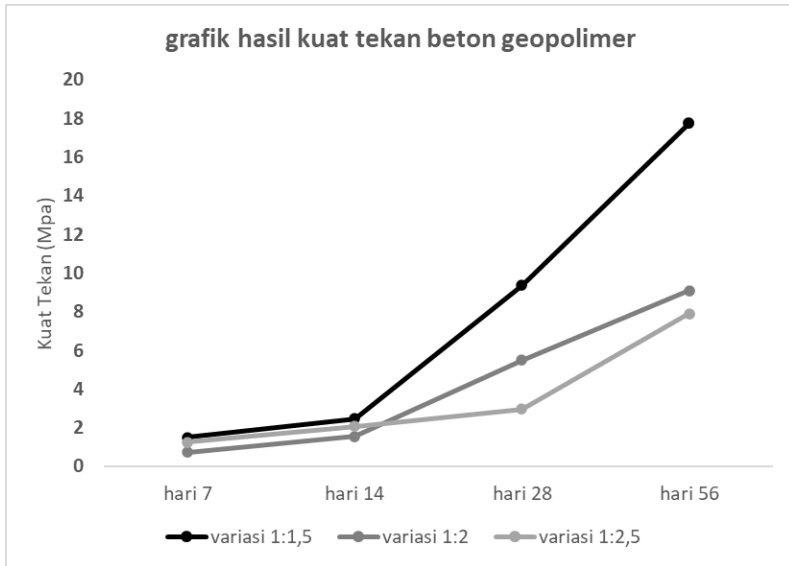
HARI	NAMA SAMPLE	BERAT (Kg)	KUAT TEKAN (Ton)	KUAT TEKAN (Mpa)	RATA-RATA
7	A1	4.02	1	1.297685744	1.514
	A2	4	1.2	1.557222893	
	A3	4.02	1.3	1.686991467	
14	A4	4.06	2.1	2.725140062	2.466
	A5	4.08	1.7	2.206065765	
	A6	4.1	1.9	2.465602914	
28	A7	13,48	18.7	10.37039462	9.372
	A8	13,26	19.3	10.70313456	
	A9	13,42	12.7	7.042995277	
56	A10	10.3	33.5	18.57797967	18.079
	A11	10.16	29.2	16.19334347	
	A12	10.04	35.1	19.46528616	

Tabel 4. 26 data kuat tekan variasi 1:2

HARI	NAMA SAMPLE	BERAT (Kg)	KUAT TEKAN (Ton)	KUAT TEKAN (Mpa)	RATA-RATA
7	B1	3,92	0.5	0.648842872	0.735
	B2	4,04	0.6	0.778611446	
	B3	4,06	0.6	0.778611446	
14	B4	3,82	1.1	1.427454318	1.557
	B5	3,88	1.3	1.686991467	
	B6	3,98	1.2	1.557222893	
28	B7	3,92	4.5	5.839585848	5.494
	B8	3,96	4	5.190742976	
	B9	3,98	4.2	5.450280125	
56	B10	3,86	6.7	8.694494485	9.084
	B11	3,78	7	9.083800208	
	B12	3,86	7.3	9.473105931	

Tabel 4. 27 data kuat tekan variasi 1:2,5

HARI	NAMA SAMPLE	BERAT (Kg)	KUAT TEKAN (Ton)	KUAT TEKAN (Mpa)	RATA-RATA
7	C1	4,00	1.2	1.557222893	1.254
	C2	4,02	0.9	1.16791717	
	C3	4,08	0.8	1.038148595	
14	C4	4,06	1.7	2.206065765	2.076
	C5	4,00	1.5	1.946528616	
	C6	3,94	1.6	2.07629719	
28	C7	13,29	5.9	3.271942688	2.976
	C8	13,38	4.6	2.551006163	
	C9	13,02	5.6	3.105572721	
56	C10	13,02	17.1	9.483088129	7.912
	C11	13,22	12.9	7.153908589	
	C12	13,14	12.8	7.098451933	



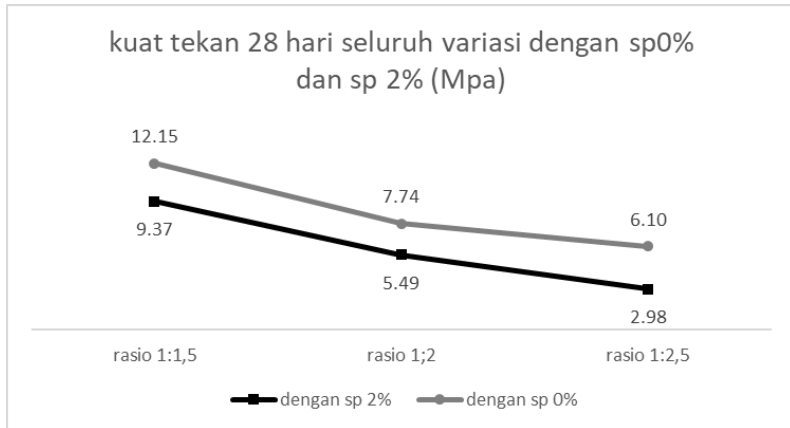
Gambar 4. 5 grafik rekapitulasi hasil kuat tekan beton geopolimer

Dari hasil kuat tekan diatas memperlihatkan bahwa kuat tekan terbesar berada pada variasi rasio 1:1,5 dengan nilai kuat tekan 17,72 Mpa pada hari ke 56, dapat dilihat juga bahwa beton geopolimer dengan molaritas NaOH 8M hanya mampu menghasilkan beton bermutu rendah *low strength concrete*.

Berikut hasil kuat tekan beton geopolimer dengan sp0%, dan di bandingkan dengan variasi sp2% dengan rasio NaOH dan Na₂SiO₃ yang sama di umur beton 28 hari.

Tabel 4. 28 hasil uji kuat tekan variasi NaOH 8M sp 0% umur 28 hari variasi SP 0% 28 HARI

RASIO	NAMA SAMPLE	BERAT (Kg)	KUAT TEKAN (Ton)	KUAT TEKAN (Mpa)	RATA-RATA
1:1,5	A1	4.04	9.0	11.6791717	12.1549898
	A2	4.08	9.5	12.32801457	
	A3	4.18	9.6	12.45778314	
1;2	B1	4.02	5.9	7.65634589	7.742858272
	B2	4	6.2	8.045651613	
	B3	3.98	5.8	7.526577315	
1:2,5	C1	4.02	4.9	6.358660146	6.099122997
	C2	4.06	4.6	5.969354422	
	C3	4.06	4.6	5.969354422	



Gambar 4. 6 grafik perbandingan kuat tekan beton sp 0% dan 2%

Dari hasil diatas nilai kuat tekan dalam satuan Mpa tersebut diketahui nilai kuat tekan beton geopolimer tanpa menggunakan *superplasticizer* (sp) lebih besar di semua variasi rasio aktivator daripada kuat tekan beton geopolimer dengan menggunakan sp sebesar 2%.

4.4.3 Porositas

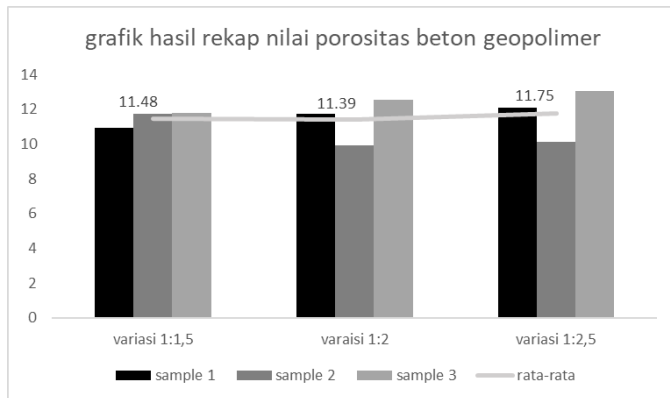
Porositas adalah presentase banyaknya ruang kosong dalam beton geopolimer ini, dimana besarnya ruang kosong dapat mempengaruhi kuat tekan beton, nilai porositas pun dipengaruhi pada besarnya resapan air pada beton (Farhana *et al.*, 2015). Berikut akan ditampilkan hasil dari tes porositas yang dilakukan di laboratorium material dan struktur gedung di kampus infrastruktur Teknik sipil ITS Surabaya. Dalam tes ini masing-masing variasi dibuatkan 3 buah sampel yang akan diuji pada umur beton 28 hari.

Tabel 4. 29 hasil uji porositas beton dengan sp 2%

8M/1:1.5/SP2%					
SAMPLE	OVEN 1	OVEN 2	DALAM AIR	SSD	%
A1	806.40	806.10	516.40	841.60	10.92
A2	979.30	978.30	623.80	1025.50	11.75
A3	898.90	898.60	574.70	941.80	11.77
rata-rata					11.48

8M/1:2/SP2%					
SAMPLE	OVEN 1	OVEN 2	DALAM AIR	SSD	%
B1	956.70	956.30	606.60	1002.70	11.71
B2	750.40	750.20	477.40	780.20	9.91
B3	917.80	917.50	582.10	965.60	12.54
rata-rata					11.39

8M/1:2.5/SP2%					
SAMPLE	OVEN 1	OVEN 2	DALAM AIR	SSD	%
C1	824.10	823.80	525.80	864.70	12.07
C2	755.10	754.80	483.70	785.40	10.14
C3	806.40	806.10	512.30	850.10	13.03
rata-rata					11.75

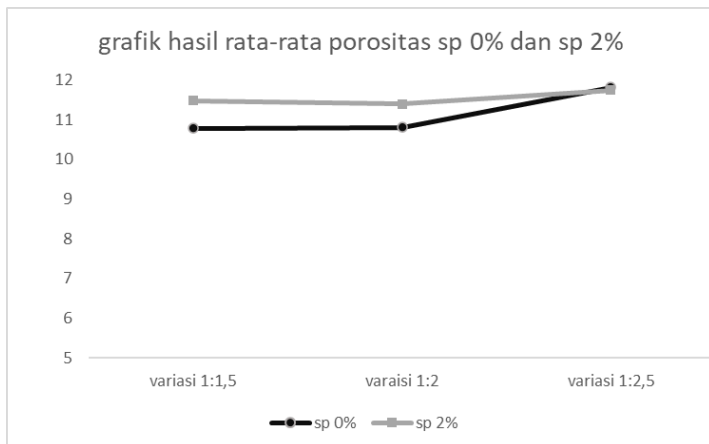
**Gambar 4. 7** grafik hasil porositas beton dengan sp 2%

Dari hasil diatas nilai porositas terkecil berada pada variasi 1:2 dimana kadar pori pada variasi tersebut rata-rata bernilai 11.39%, dari gambar grafik juga terlihat adanya penurunan nilai porositas dengan semakin naiknya nilai rasio alkali aktivator.

berikut data hasil porositas beton geopolimer sp 0% dan perbandingan porositas beton geopolimer menggunakan sp 2% dan sp 0%.

Tabel 4. 30 rekap hasil uji porositas tiap variasi rasio sp 0%

8M/1:1.5/SPO%					
SAMPLE	OVEN 1	OVEN 2	DALAM AIR	SSD	%
A1	839	837.7	530.9	875.1	10.86578
A2	837.7	833.6	529.9	868.6	10.33363
A3	902.3	897.5	571.3	938.4	11.14138
rata-rata					10.78026
8M/1:2/SPO%					
SAMPLE	OVEN 1	OVEN 2	DALAM AIR	SSD	%
B1	852.4	849.4	542.7	886.1	10.68725
B2	848.7	845.6	540.1	882.9	10.88098
B3	948.4	943.7	601.4	985.3	10.83616
rata-rata					10.80146
8M/1:2.5/SPO%					
SAMPLE	OVEN 1	OVEN 2	DALAM AIR	SSD	%
C1	836.8	834.9	534.2	874.5	11.63679
C2	824.3	821.8	524.5	861.7	11.83274
C3	838	835.6	534.5	876.5	11.95906
rata-rata					11.80953

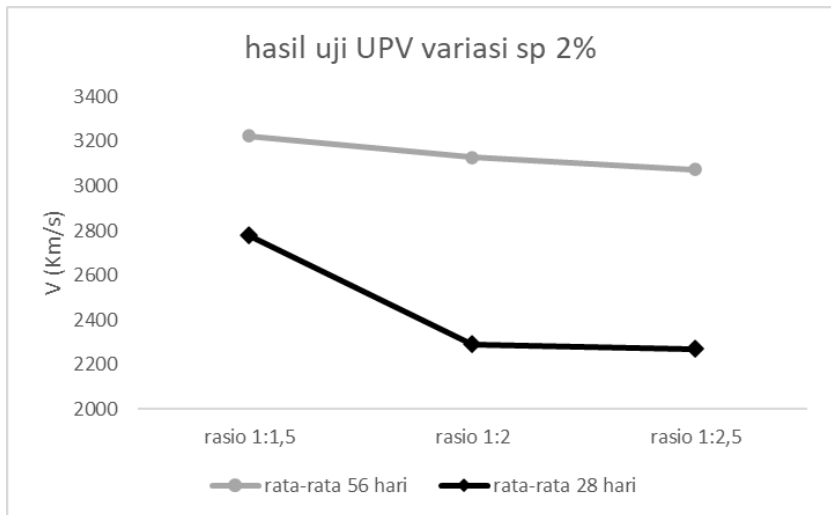


Gambar 4. 8 Grafik perbandingan porositas beton dengan sp 2% dan 0%

Dari hasil diatas diketahui nilai porositas terkecil berada pada variasi 1:1,5 dengan sp 0% yang mengindikasikan ruang kosong pada beton variasi tersebut terbilang kecil, dari grafik diatas juga diketahui penambahan sp pada penelitian ini tidak memiliki korelasi signifikan dengan dengan porositas dimana nilai porositas antara sp 2% dan 0% tidak terpaut jauh sedangkan nilai kuat tekannya memiliki selisih yang signifikan (Kusbiantoro *et al.*, 2013).

4.4.4 Test UPV

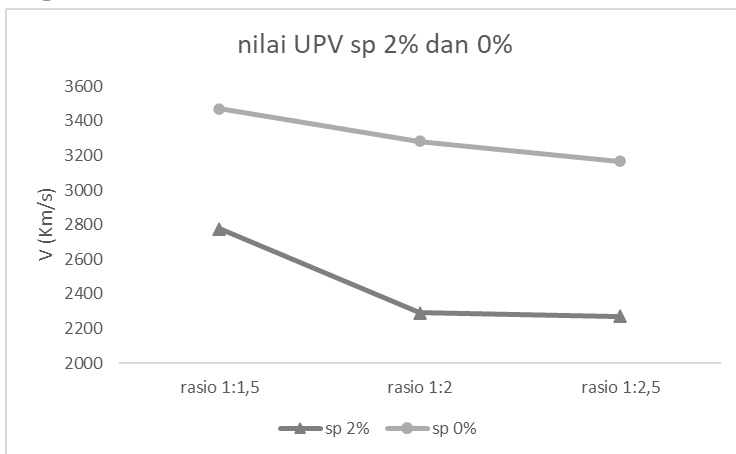
Tes UPV dilakukan ke 3 sampel beton dengan melakukan beberapa kali uji terhadap setiap beton dan memasukkan nilai yang paling sering muncul lalu membuat nilai rata-rata dari setiap variasi rasio aktivator. Pengujian ini dilakukan di lab material dan struktur gedung ITS manyar Surabaya. Berikut grafik hasil uji tiap rasio aktivator dengan sp 2% umur beton 28 dan 56 hari.



Gambar 4. 9 grafik hasil uji UPV variasi sp 2% umur beton 28 & 56 hari

Dari gambar 4.9 nilai rata-rata UPV terbesar berada pada rasio 1:1,5 umur 56 hari dengan nilai rata-rata 3223,3 (Km/s) menurut parameter (IS 13311 (Part 1), 1992) nilai tersebut tergolong kualitas diragukan, maka dari itu untuk hasil uji UPV beton geopolimer menggunakan sp 2% belum memenuhi klasifikasi baik dan mampu di aplikasikan, nilai diatas berkaitan dengan kepadatan dimana hal tersebut dapat dilihat setelah uji kuat tekan masih banyak pasir yang belum terikat dengan semen geopolimer akibat kurangnya efek cementious dikarenakan konsentrasi NaOH rendah.

Untuk beton geopolimer dengan sp 0% pengujian UPV dilakukan di umur beton 28 hari, berikut hasil dan grafik perbandingannya dengan beton geopolimer menggunakan sp 2% dan sp 0%.



Gambar 4. 10 Grafik perbandingan nilai upv beton geopolimer dengan sp 2% dan 0%

Dari grafik diatas diketahui diketahui nilai upv pada beton dengna sp 0% masuk dalam klasifikasi kualitas baik, akan tetapi pengaruh penambahan sp memiliki hubungan konvensional antara kuat tekan dan upv, dimana terdapat nilai kuat tekan yang lebih rendah berkorelasi dengan nilai upv yang lebih kecil.

4.4.5 Resistivitas

Uji resistivitas adalah pengujian untuk melihat resistensi beton terhadap penetrasi ion klorida, menggunakan *wenner probe method* hasil pada alat akan disesuaikan dengan nilai pada tabel klasifikasi beton terhadap nilai resistivity, perlu diketahui ada beberapa hal yang dapat mempengaruhi nilai resistivitas beton salah satunya kondisi curing beton, umur beton, dll. Berikut data resistivitas yang didapatkan.

Tabel 4. 31 hasil uji resistivitas rasio 1:1,5 untuk semua umur

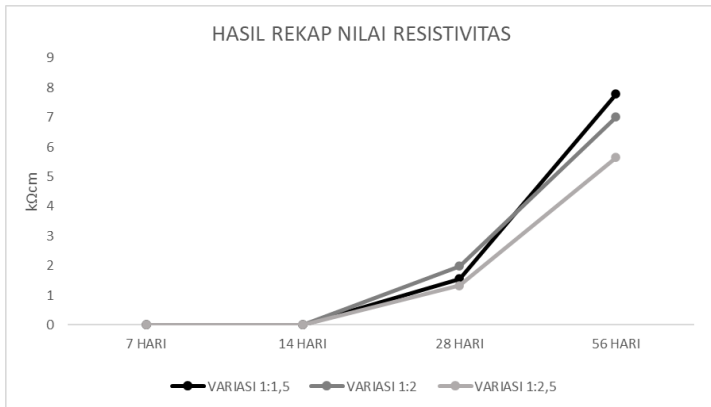
8M/1:1,5/SP2%								
7 HARI								
SAMPLE							RATA2	RATA2
A1	N	N	N	N	N	N	0	
A2	N	N	N	N	N	N	0	0
A3	N	N	N	N	N	N	0	
14 HARI								
SAMPLE							RATA2	RATA2
A1	N	N	N	N	N	N	0	
A2	N	N	N	N	N	N	0	0
A3	N	N	N	N	N	N	0	
28 HARI								
SAMPLE							RATA2	RATA2
A1	1.7	1.3	1.7	1.7	1.4	1.9	1.616667	
A2	1.7	1.3	1.6	1.7	1.2	1.6	1.516667	1.561111
A3	1.7	1.3	1.6	1.7	1.4	1.6	1.55	
56 HARI								
SAMPLE							RATA2	RATA2
A1	11	8.5	8.9	10.8	8.2	9.8	9.533333	
A2	7.8	6.7	8.5	9.4	6	7.6	7.666667	7.788889
A3	6.5	5.2	7	6.4	5.2	6.7	6.166667	

Tabel 4. 32 hasil uji resistivitas rasio 1:2 untuk semua umur

8M/1:2/SP2%								
7 HARI								
SAMPLE							RATA2	RATA2
A1	N	N	N	N	N	N	0	
A2	N	N	N	N	N	N	0	0
A3	N	N	N	N	N	N	0	
14 HARI								
SAMPLE							RATA2	RATA2
A1	N	N	N	N	N	N	0	
A2	N	N	N	N	N	N	0	0
A3	N	N	N	N	N	N	0	
28 HARI								
SAMPLE							RATA2	RATA2
A1	2.3	2	2.3	2.3	2.1	2.3	2.216667	
A2	1.7	1.6	1.6	1.7	2.1	1.9	1.766667	1.977778
A3	2	1.9	1.8	1.9	2	2.1	1.95	
56 HARI								
SAMPLE							RATA2	RATA2
A1	6.7	7.9	7.2	7	8.4	6.6	7.3	
A2	8.3	8	7.3	6.7	6.3	6.3	7.15	7.005556
A3	6.4	5.8	5.4	6.5	8.1	7.2	6.566667	

Tabel 4. 33 hasil uji resistivitas rasio 1:2,5 untuk semua umur

8M/1:2,5/SP2%								
7 HARI								
SAMPLE							RATA2	RATA2
A1	N	N	N	N	N	N	0	
A2	N	N	N	N	N	N	0	0
A3	N	N	N	N	N	N	0	
14 HARI								
SAMPLE							RATA2	RATA2
A1	N	N	N	N	N	N	0	
A2	N	N	N	N	N	N	0	0
A3	N	N	N	N	N	N	0	
28 HARI								
SAMPLE							RATA2	RATA2
A1	1.2	1.1	1.5	1.5	1.5	1.2	1.333333	
A2	1.2	1	1.1	1.4	1	1.1	1.133333	1.327778
A3	1.7	1.1	1.7	1.7	1.1	1.8	1.516667	
56 HARI								
SAMPLE							RATA2	RATA2
A1	4.7	3.3	3.4	4.5	3.3	4	3.866667	
A2	4.3	3.7	5.7	4.4	3.7	5.5	4.55	5.416667
A3	4.5	3.4	4.4	3.1	4.1	3.6	3.85	



Gambar 4.11 Grafik nilai resistivitas seluruh variasi rasio dengan sp 2%

Dari hasil yang didapatkan nilai resistivitas tidak terbaca pada beton umur 7 dan 14 hari untuk semua variasi rasio, nilai resistivitas terbesar didapatkan pada rasio 1:1,5 di angka 7,78. Menurut parameter buku panduan penggunaan alat resistivitas, seluruh nilai resistivitas diatas termasuk klasifikasi korosi cukup pasti, dimana nilai keseluruhan sampel berada $\leq 8k\Omega\text{cm}$.

berikut nilai resistivitas untuk beton geopolimer menggunakan sp 0% dan grafik perbandingannya dengan resistivitas beton geopolimer dengan sp 2% di umur beton 28 hari.

Tabel 4.34 rekap hasil uji resistivitas tiap variasi rasio sp 0%

VARIASI 1:1,5

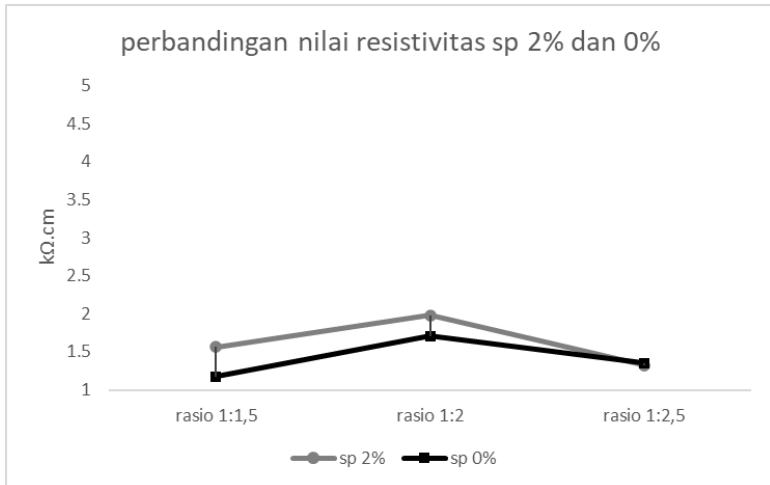
SAMPLE							RATA2	RATA2
A1	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.216667	
A2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.3	1.2	
A3	1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1.1	

VARIASI 1:2

SAMPLE							RATA2	RATA2
B1	1.6	1.8	1.9	1.7	1.5	1.7	1.7	
B2	1.7	1.6	2.1	1.8	1.6	1.5	1.716667	
B3	1.7	1.8	1.6	1.7	1.6	1.8	1.7	

VARIASI 1:2,5

SAMPLE							RATA2	RATA2
C1	1.2	1.3	1.6	1.8	1.7	1.6	1.533333	
C2	1.1	1.2	1.2	1.3	1.5	1.4	1.283333	
C3	1.2	1.1	1.3	1.2	1.2	1.4	1.233333	



Gambar 4. 12 grafik perbandingan resistivitas sp 2% dan sp 0%

Dari gambar grafik diatas diketahui bahwa nilai resistivitas beton geopolimer tanpa sp lebih besar daripada beton geopolimer dengan sp 2%, hal ini juga menandakan bahwa kemungkinan terjadinya korosi lebih besar berada pada sp 2%, tetapi data diatas belum memastikan bahwa penggunaan *superplasticizer* berdampak besar pada nilai resistivity dimana kedua variasi penggunaan sp masuk dalam klasifikasi resiko tinggi terjadi korosi (Karvonen, 2002), dan perlu dilakukan penelitian lanjutan.

4.4.6 Uji pH

Pengujian pH tidak jadi dilakukan dikarenakan departemen Teknik lingkungan sebagai tempat pengujian tidak menerima segala jenis pengujian dikarenakan adanya pandemic covid-19 ini.

4.4.7 Uji permeabilitas

Data dari hasil pengujian permeabilitas tidak maksimum dikarenakan ditengah waktu penelitian alat permeabilitas mengalami kendala teknis, maka dari itu data permeabilitas ditampilkan sesuai dengan data yang ada.

Tabel 4. 35 Data permeabilitas rasio 1,5 **Tabel 4. 36** Data permeabilitas rasio 2**7 HARI**

SAMPLE	L (mm)	kT(10 ⁻¹⁶ m ²)	kualitas beton
A1			
A2			
A3			

14 HARI

SAMPLE	L (mm)	kT(10 ⁻¹⁶ m ²)	kualitas beton
A1			
A2			
A3			

28 HARI

SAMPLE	L (mm)	kT(10 ⁻¹⁶ m ²)	kualitas beton
A1	4.8	0.005	kualitas beton
A2	2.8	0.481	kualitas beton
A3	17.3	0.063	kualitas beton

56 HARI

SAMPLE	L (mm)	kT(10 ⁻¹⁶ m ²)	kualitas beton
A1			
A2			
A3			

7 HARI

SAMPLE	L (mm)	kT(10 ⁻¹⁶ m ²)	kualitas beton
B1	2.1	0.001	kualitas beton
B2	8.9	0.017	kualitas beton
B3	15.8	0.052	kualitas beton

14 HARI

SAMPLE	L (mm)	kT(10 ⁻¹⁶ m ²)	kualitas beton
B1	40.7	0.349	kualitas beton
B2	78.4	5.173	kualitas beton
B3	109.9	15.21	kualitas beton

28 HARI

SAMPLE	L (mm)	kT(10 ⁻¹⁶ m ²)	kualitas beton
B1			
B2			
B3			

56 HARI

SAMPLE	L (mm)	kT(10 ⁻¹⁶ m ²)	kualitas beton
B1			
B2			
B3			

Tabel 4. 37 Data permeabilitas rasio 2,5**7 HARI**

SAMPLE	L (mm)	kT(10 ⁻¹⁶ m ²)	kualitas beton
C1	22.4	0.106	kualitas beton
C2	10.9	0.025	kualitas beton
C3	44.8	0.483	kualitas beton

14 HARI

SAMPLE	L (mm)	kT(10 ⁻¹⁶ m ²)	kualitas beton
C1			
C2			
C3			

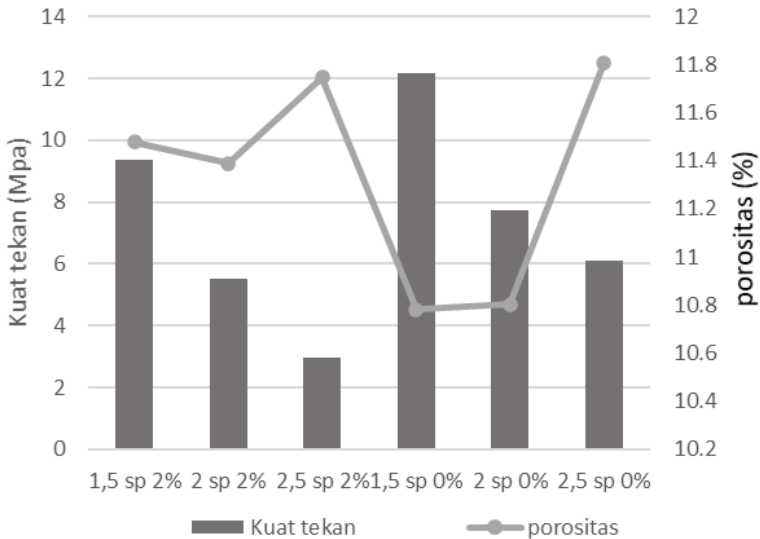
28 HARI

SAMPLE	L (mm)	kT(10 ⁻¹⁶ m ²)	kualitas beton
C1		7.184	kualitas beton
C2		5.865	kualitas beton
C3		6.48	kualitas beton

56 HARI

SAMPLE	L (mm)	kT(10 ⁻¹⁶ m ²)	kualitas beton
C1	534.8	178.7	kualitas beton
C2	173.2	50.03	kualitas beton
C3	147.3	27.43	kualitas beton

4.4.8 Korelasi kuat tekan terhadap porositas beton geopolimer
Berikut akan adalah grafik hubungan kuat tekan dengan nilai porositas beton geopolimer menggunakan *fly ash* tipe C dengan konsentrasi NaOH 8M.



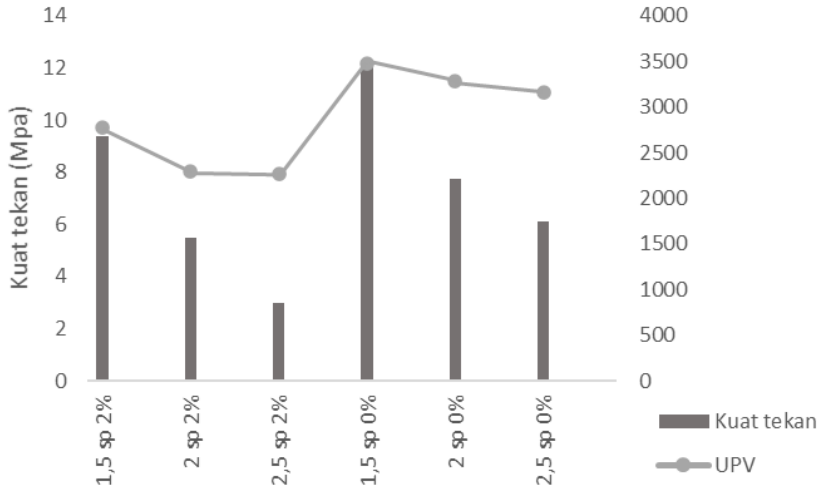
Gambar 4. 13 grafik korelasi kuat tekan dengan porositas

Dari gambar 4.13 diketahui nilai porositas berbanding terbalik dengan kuat tekan dimana beton geopolimer dengan kuat tekan tinggi memiliki nilai porositas yang rendah.

Porositas pada beton menggambarkan persentase pori pada beton dimana semakin kecil persentase pori pada beton semakin besar nilai kuat tekan beton tersebut.

4.4.9 Korelasi kuat tekan terhadap nilai UPV beton geopolimer

Berikut adalah grafik korelasi antara kuat tekan terhadap nilai UPV (*density*) beton geopolimer menggunakan *fly ash* tipe C dan konsentrasi NaOH 8M.



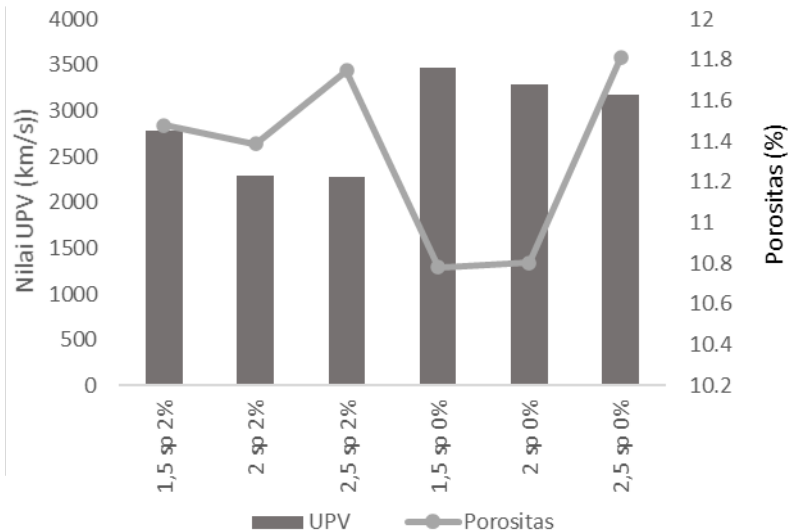
Gambar 4. 14 grafik korelasi kuat tekan terhadap nilai upv beton geopolimer

Dari gambar 4.14 diketahui nilai kuat tekan berbanding lurus dengan nilai UPV dimana semakin besar nilai UPV semakin besar juga nilai kuat tekan.

Uji UPV merupakan uji kuat tekan beton secara tidak langsung dengan cara mengukur cepat rambat gelombang longitudinal dengan median rambat beton geopolimer tersebut, maka nilai diatas selalu berbanding lurus.

4.4.10 Korelasi porositas terhadap nilai UPV beton geopolimer

Berikut adalah grafik korelasi antara porositas terhadap nilai UPV (*density*) beton geopolimer menggunakan *fly ash* tipe c dan konsentrasi NaOH 8M.



Gambar 4. 15 grafik korelasi porositas terhadap nilai UPV beton geopolimer

Dari gambar 4.15 diketahui nilai porositas berbanding terbalik dengan hasil uji UPV dimana semakin besar nilai uji UPV semakin kecil porositas beton geopolimer tersebut.

Hal ini menjelaskan bahwa besaran ruang kosong terhadap volume beton ditunjukkan pada nilai porositas menandakan *density* atau kepadatan beton yang diuji dengan alat UPV geopolimer, besaran pori terhadap volume beton juga mempengaruhi cepat rambat gelombang longitudinal pada beton tersebut.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penilitan yang ditelah dipaparkan di bab sebelumnya, berikut beberapa hal yang merupakan kesimpulan dari penelitian ini yang dapat disampaikan:

1. Dari hasil uji karakteristik material *fly ash*, masuk dalam klasifikasi tipe C diketahui dalam pengujian XRF kadar CaO 29,6%, pada uji XRD diketahui mineral-mineral yang terkandung dalam *fly ash* seperti quartz, magnesite, periclase dll, juga persetase fasa amorf yang jauh lebih banyak daripada kristalin yang mengindikasikan tipe C. dari hasil uji agregat diketahui agregat kasar yang digunakan memiliki berat jenis 2,678 kg/m³, modulus kehalusan 6,91., nilai keausan 20,39%. Untuk agregat halus memiliki berat jenis 2,783 kg/m³, modulus kehalusan 5,41.
2. Peningkatan rasio alkali aktivator antara Na₂SiO₃ dan NaOH dengan metode pencampuran kering menurunkan kualitas beton geopolimer berbasis fly ash tipe C meliputi kuat tekan, nilai UPV, porositas, resistivitas, dan permeabilitas, dimana kualitas yang tinggi didapatkan pada rasio 1,5 dengan nilai kuat tekan 9,37 Mpa pada 28 hari, dan mengalami peningkatan pada umur 56 hari sebesar 18,07 Mpa, nilai resistivity 1,56 kΩcm, nilai porositas 11,48%, nilai UPV 2776 km/s hal ini menunjukkan penggunaan konsentrasi NaOH rendah belum memenuhi kuat tekan <35 Mpa untuk umur beton 28 hari. Pada pengujian slump sebagai indikator workabilitas menunjukkan bahwa peningkatan rasio alkali aktivator menurunkan nilai workabilitas, nilai workabilitas terkecil berada pada rasio alkali aktivator 2,5 dimana nilai slump mencapai 70 mm, akan tetapi nilai slump beton geopolimer memenuhi SNI 1972:2008 dengan standar rentang nilai 15-230 mm. Selain itu penambahan sukrosa dapat

meningkatkan nilai workabilitas beton geopolimer. Hubungan antara kuat tekan dengan porositas beton berbanding, dimana nilai kuat tekan redah memiliki porositas yang besar, hal ini ditunjukkan pada rasio 2,5 dengan kuat tekan 2,97 Mpa, porositas 11,75 %, dan nilai UPV 2270 km/s, hal ini menandakan besarnya ruang kosong pada beton dapat menurunkan kuat tekan. Ruang kosong pada beton juga menurunkan kepadatan dari beton geopolimer, dimana besarnya nilai porositas berbanding terbalik dengan nilai uji UPV.

5.2 Saran

Adapun saran dari apa yang telah dilaksanakan dalam penelitian ini untuk diperbaiki dan dimaksimalkan dalam penelitian terkait untuk kelanjutannya, yaitu :

1. Dalam penelitian ini pengaruh penggunaan *superplasticizer* belum dapat ditarik kesimpulan sehingga dibutuhkan penelitian lebih lanjut mengenai dengan menggunakan konsentrasi aktivator NaOH 8M dengan berbagai persentase *superplasticizer* agar dapat diketahui pengaruh dan nilai optimum penggunaan *superplasticizer* pada variasi beton geopolimer konsentrasi aktivator NaOH 8M.
2. Perlu diteliti lebih dalam lagi mengenai pengaruh rasio aktivator pada molaritas rendah dimana nilai pada nilai mutu dan kuat tekan yang masih tidak signifikan antar rasio, perluasan nilai rasio diperlukan untuk mendapatkan hasil yang lebih valid mengenai pengaruh rasio aktivator terkait, dan pembuatan beton diusahakan untuk selalu dengan ukuran yang sama dan pembuatan sampel mampu melebihi 3 benda uji tiap variasi.
3. Pastikan melakukan dokumentasi dalam setiap kegiatan untuk dapat dijadikan panduan pengerjaan, bukti pengujian, dan juga sebagai pedoman untuk penelitian terkait selanjutnya.

4. Pastikan penempatan beton pada saat curing harus disatu tempat yang sama dimana ditempat tersebut perlu untuk dilakukan pengukuran suhu ruang sebagai indikasi *curing* yang dilakukan sesuai atau tidak.
5. Lakukan mediasi kepada petugas laboratorium jika mengalami kendala atau kesulitan baik dalam penggunaan alat dan dan juga untuk memastikan bahwa setiap barang yang digunakan harus ada yang bertanggung jawab

DAFTAR PUSTAKA

- Aldowaisan, T. and Allahverdi, A. (2004) 'New heuristics for machine no-wait flowshop to minimize total completion time', *Omega*, 32(5), pp. 345–352. doi: 10.1016/j.omega.2004.01.004.
- Bayuaji, R. *et al.* (2017) 'A review in geopolymer binder with dry mixing method (geopolymer cement)', *AIP Conference Proceedings*, 1887(September). doi: 10.1063/1.5003505.
- Davidovits, J. (1991) 'Geopolymers', *Journal of Thermal Analysis*, 37(8), pp. 1633–1656. doi: 10.1007/bf01912193.
- Díaz, H. *et al.* (2009) 'Global gene expression in recombinant and non-recombinant yeast *Saccharomyces cerevisiae* in three different metabolic states', *Biotechnology Advances*. Elsevier Inc., 27(6), pp. 1092–1117. doi: 10.1016/j.biotechadv.2009.05.015.
- Farhana, Z. F. *et al.* (2015) 'The relationship between water absorption and porosity for geopolymer paste', *Materials Science Forum*, 803, pp. 166–172. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.803.166.
- IS 13311 (Part 1) (1992) 'IS 13311-1 (1992): Method of Non-destructive testing of concret, Part 1: Ultrasonic pulse velocity', *Bureau of Indian Standards*, pp. 1–7.
- Jimianta, Teknik Sipil, J. and Malang, P. N. (2017) 'Perilaku Beton Geopolymer Dibanding Beton Normal', 4(4).
- Karvonen, N. (2002) 'Operating instructions', *Journal of Wildlife Rehabilitation*, 25(3), p. 27.
- Kong, D. L. Y. and Sanjayan, J. G. (2008) 'Damage behavior of geopolymer composites exposed to elevated temperatures', *Cement and Concrete Composites*. Elsevier Ltd, 30(10), pp. 986–991. doi: 10.1016/j.cemconcomp.2008.08.001.
- Kusbiantoro, A. *et al.* (2013) 'Development of Sucrose and Citric Acid as the Natural based Admixture for Fly Ash based Geopolymer', *Procedia Environmental Sciences*. Elsevier B.V., 17, pp. 596–602. doi: 10.1016/j.proenv.2013.02.075.
- Kutchko, B. G. and Kim, A. G. (2006) 'Fly ash characterization

- by SEM-EDS', *Fuel*, 85(17–18), pp. 2537–2544. doi: 10.1016/j.fuel.2006.05.016.
- Malkawi, A. B. *et al.* (2016) 'Effects of Alkaline Solution on Properties of the HCFA Geopolymer Mortars', *Procedia Engineering*. The Author(s), 148, pp. 710–717. doi: 10.1016/j.proeng.2016.06.581.
- Panagiotopoulou, C. *et al.* (2007) 'Dissolution of aluminosilicate minerals and by-products in alkaline media', *Journal of Materials Science*, 42(9), pp. 2967–2973. doi: 10.1007/s10853-006-0531-8.
- Pandaleke, R. *et al.* (2014) 'Pengaruh Variasi Kadar Superplasticizer Terhadap Nilai Slump Beton Geopolymer', *Jurnal Sipil Statik*, 2(6), pp. 283–291.
- Paramitha, D. R. *et al.* (2017) 'Pengaruh Kombinasi Semen- Fly Ash Dan Variasi Water Content Dengan Penambahan Superplasticizer Terhadap Kepadatan Pasta', *Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 6(2), pp. 56–63.
- Patankar, S. V (2015) 'Mix Design of Fly Ash Based Geopolymer Concrete Mix Design of Fly Ash Based Geopolymer Concrete', (December 2014). doi: 10.1007/978-81-322-2187-6.
- Phoo-Ngernkham, T. *et al.* (2018) 'A Mix Design Procedure for Alkali-Activated High-Calcium Fly Ash Concrete Cured at Ambient Temperature', *Advances in Materials Science and Engineering*, 2018. doi: 10.1155/2018/2460403.
- Pratiwi, W. D. (2019) 'Hubungan Morfologi, Ukuran Partikel dan Keamorfian Fly Ash dengan Kuat Tekan Pasta'.
- Rangan, B. and Hardjito, D. (2005) 'Studies on fly ash-based geopolymer concrete', *Proc. 4th World ...*, (November).
- Risdanareni, P., Ekaputri, J. J. and Triwulan (2015) 'The influence of alkali activator concentration to mechanical properties of geopolymer concrete with trass as a filler', *Materials Science Forum*, 803, pp. 125–134. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.803.125.
- Škvára, F., Jilek, T. and Kopecký, L. (2005) 'Geopolymer materials based on fly ash', *Ceramics - Silikaty*, 49(3), pp. 195–204.

Specification, S. (2014) 'Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use', pp. 1–5. doi: 10.1520/C0618.

Specification, S. (no date) 'Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use', (February 2003), pp. 1–4.

Tishmack, J. K., Olek, J. and Diamond, S. (1999) 'Characterization of high-calcium fly ashes and their potential influence on ettringite formation in cementitious systems', *Cement, Concrete and Aggregates*, 21(1), pp. 82–92. doi: 10.1520/cca10512j.

Tripathi, A., Gupta, M. and Rai, P. K. (2019) 'Effect of Different Molarity of Alkaline Activator on Fly Ash Based Concrete for Green Construction Materials (Without Cement)', 2(3), pp. 1–6.

Xie, J. and Kayali, O. (2016) 'Effect of superplasticiser on workability enhancement of Class F and Class C fly ash-based geopolymers', *Construction and Building Materials*, 122, pp. 36–42. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.06.067.

Yasin, A. K. (2017) 'Rekayasa beton geopolimer berbasis fly ash', *proyek akhir Terapan*.

ACI Manual of Concrete Practice (1993). Materials and general properties of concrete, Volume 1

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Achmad Syafiq

Penulis lahir pada tanggal 27 Mei 1998 dan merupakan anak kedua dari 4 bersaudara, penulis bernama lengkap Achmad Syafiq, merupakan lulusan dari SMA Taruna Nusantara, SMPN 6 Makassar. Penulis merupakan mahasiswa program studi Diploma IV Departemen Teknik Rekayasa Pengelolaan dan Pemeliharaan Bangunan Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan NRP 101116100113085.

Total delapan semester dengan

145 SKS telah dijalani penulis hingga lulus dari program studi ini. Selama menjadi mahasiswa, penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi kemahasiswaan sebagai anggota acara dan perlombaan (UKM) billiard ITS pada tahun 2016-2018. Penulis juga aktif dalam beberapa jenis kepanitiaan seperti menjadi anggota sub acara D'village HMDS 6th edition, sebagai ketua sub acara D'village HMDS 7th edition, sebagai anggota acara perlombaan billiard sejawat-bali diadakan UKM billiard ITS 2017, sebagai ketua acara perlombaan billiard sejawat-bali diadakan UKM billiard ITS 2018, selain mengisi waktu dengan kegiatan akademik dan organisasi internal kampus, penulis juga aktif dalam keorganisasian luar kampus dan masyarakat.

Gambar	Gambar	Gambar
		
<i>superplasticizer</i>	Agregat kasar	Agregat halus
Gambar	Gambar	Gambar
		
Alat uji permeabilitas	Alat uji UPV	Alat uji kuat tekan
Gambar	Gambar	Gambar
		
Alat uji resistivitas	stempet	Mesin abrasi los angeles

Gambar	Gambar	Gambar
		
Thermometer ruangan	Pompa permeabilitas	Alat permeabilitas
Gambar	Gambar	Gambar
		
Benda uji silinder 10x20	Benda uji porositas	Benda uji silinder 15x30

CATATAN HARIAN (LOGBOOK)
PROYEK AKHIR



JUDUL

**PENGARUH RASIO (Na_2SiO_3) DAN (NaOH) MOLARITAS
RENDAH (8M) PADA BETON GEOPOLIMER BERBASIS
FLY ASH TIPE C**





Tim Peneliti:





koordinator: Yosi noviari Wibowo-10111610013087
Anggota: Achmad Syafiq-10111610013085
Jihad Fadhlurohman-10111610013078
Nisar Rafii Ananta Muhammad-10111610013041
Hermawan Syahirul Alim-10111610013092
Pratista Septian A.R-10111610013062
Ferdri Priyatna-10111610013053
Muhammmad Atho'illah-10111610013030
Muhammad Yusuf Arifandi-10111610000065

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019-2020

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
2/3/2020	Uji berat volume NaOH Pelaksana: Yosi, Syafiq , Ian, Ferdi, Atho, Nisar, Jihad	LMSG 12.30-16.00	Kendala: Berat jenis berbeda dengan NaOH yang pernah diuji oleh Pak Husin Solusi: Pengujian berat volume menggunakan piknometer agar lebih teliti	
2/4/2020	Lanjut uji berat volume NaOH Pelaksana: Yosi, Hermawan, Syafiq , Ian, Ferdi, Atho	LMSG 12.30-15.00	Kendala:- Solusi:-	
2/6/2020	Beli dan packing pasir Pelaksana: Yosi, Hermawan, Syafiq , Ian, Ferdi, Jihad	LMSG 12.30-16.00	Kendala:- Solusi:-	
2/7/2020	Penempatan pasir Pelaksana: 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: Beli gerobak	


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

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

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
2/26/2020	Grinding dan cor beton NaOH 8M 1,5 SP 2% (Syafiq) dan NaOH 10M 1 SP 0,5% (Jihad) Pelaksana: Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG 08.00-17.00	Kendala: Alat grinding sering mati secara tiba-tiba Solusi:-	
2/27/2020	Grinding dan cor beton NaOH 14M 1 SP 2% (Yosi) dan NaOH 12M 1 SP 0% (Ferdie) Slump: 22 cm Pelaksana: 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	
2/28/2020	Grinding dan cor beton NaOH 10M 2,5 SP 2% (Ian) dan NaOH 16M 2,5 SP 2% Pelaksana: Yosi, Nisar, Atho, Syafiq, Ferdi, Hermawan, Jihad, Ian	LMSG 08.00-17.00	Kendala: Mold beton habis, membuka mold beton milik Syafiq. Ketika membuka mold beton, kondisi beton masih belum kering, sehingga betonnya rusak Solusi: Reschedule jadwal pengecoran. Pengecoran dengan molaritas rendah dijadwalkan demolding minimal 3 hari setelah cor	 

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

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

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

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

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

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

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

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

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
4/13/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran Pelaksana: Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafig, Yusuf	LMSG 08.00-12.00	Kendala:- Solusi:-	
4/13/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	Kendala:- Solusi:-	
4/13/2020	Cor NaOH 12M 1 SP 0,5% (Ferdie)	LMSG 13.00-15.00	Kendala:- Solusi:-	
4/13/2020	Memotong beton dan uji permeabilitas, kuat tekan, dan porositas (Yosi NaOH 12M 1 SP 2%, Atho NaOH 14M 1 SP 1%, dan Jihad NaOH 10M 1 SP 1%)	LMSG 13.00-17.00	Kendala: pompa permeabilitas panas Solusi: Pengujian dihentikan hingga pompa menjadi dingin	
4/14/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran Pelaksana: Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafig, Yusuf	LMSG 08.00-12.00	Kendala:- Solusi:-	
4/14/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	Kendala:- Solusi:-	
4/14/2020	Grinding NaOH 14M 2 SP 2% (Nisar) dan NaOH 14M 1 SP 0% (Atho), Cor NaOH 8M 2,5 SP 2% (Syafig)	LMSG 13.00-17.00	Kendala:- Alat grinding mati berkali-kali Solusi:-	
4/14/2020	Memotong beton dan uji permeabilitas, kuat tekan, serta resistivity (Ian NaOH 10M 2 SP 2%, Atho NaOH 14M 1 SP 1,5%, dan Nisar NaOH 14M 2 SP 2%)	LMSG 13.00-17.00	Kendala: Alat pompa permeabilitas tidak bisa Solusi: Service pompa	

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

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

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
4/20/2020	Cor NaOH 12M 1 SP 1% dan NaOH 12M 1 SP 0,5% (Ferd), Grinding NaOH 16M 2 SP 2% dan NaOH 16M 1,5 SP 0% (Hermawan), Grinding 8M 2 SP 0% (Syafiq), Cor 8M 1,5 SP 0% dan Cor 8M 2 SP 0% (Syafiq), Grinding NaOH 14M 1 SP 0% (Atho)	LMSG 08.00-17.00	Kendala:- Alat grinding dan cor mati berkali-kali Solusi:-	
4/20/2020	Uji permeabilitas, kuat tekan, dan resistivity (Atho NaOH 14 M 1 SP 1%)	LMSG 08.00-17.00	Kendala: alat permeability masih belum bisa digunakan Solusi: menunggu laporan dari pak wandi pada hari	
4/20/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	Kendala:- Solusi:-	
4/20/2020	Membersihkan bola-bola baja	LMSG 16.30-17.00	Kendala:- Solusi:-	
4/21/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran Pelaksana: Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf	LMSG 08.00-12.00	Kendala:- Solusi:-	
4/21/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	Kendala:- Solusi:-	
4/21/2020	Grinding NaOH 8M 1 SP 0% (Yosi), Cor NaOH 16M 1,5 SP 0% (Hermawan), Grinding 14M 1 SP 0,5% (Atho)	LMSG 08.00-17.00	Kendala:- Alat grinding dan cor mati berkali-kali Solusi:-	
4/21/2020	Membersihkan bola-bola baja	LMSG 16.30-17.00	Kendala:- Solusi:-	

Tanggal	Kegiatan	Lokasi dan Waktu	Keterangan	Dokumentasi
4/21/2020	Memperbaiki pompa alat permeabilitas	LMSG 13.00-14.00	Kendala:- Solusi:-	
4/21/2020	Uji permeabilitas, kuat tekan, dan resistivity (Yosi NaOH 12M 1 SP 0% dan Atho NaOH 14M 1 SP 1,5%)	LMSG 15.00-17.00	Kendala:- Solusi:-	
4/22/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran Pelaksana: Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf	LMSG 08.00-12.00	Kendala:- Solusi:-	
4/22/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	Kendala:- Solusi:-	
4/22/2020	Cor NaOH 8M 1 SP 0% (Yosi), Cor NaOH 16M 2 SP 0% (Hermawan), Cor NaOH 14M 1 SP 0% (Atho), Cor NaOH 10M 1,5 SP 2% (Ian)	LMSG 08.00-17.00	Kendala:- Alat grinding dan cor mati berkali-kali Solusi:-	
4/22/2020	Uji permeability, kuat tekan, dan resistivity (Ferdie NaOH 12M 1 SP 0%)	LMSG 15.00-17.00	Kendala:- Solusi:-	
4/23/2020	Melepas dan menyiapkan mold untuk pengecoran Pelaksana: Yosi, Nisar, Atho, Ferdi, Hermawan, Ian, Syafiq, Yusuf, Jihad	LMSG 08.00-12.00	Kendala:- Solusi:-	
4/23/2020	Mengayak agregat kasar	LMSG 10.00-12.00	Kendala:- Solusi:-	
4/23/2020	Grinding NaOH 10M 1 SP 0% (Jihad) dan NaOH 16M 2,5 SP 2% (Hermawan), Cor NaOH 14M 1 SP 0,5%)	LMSG 10.00-17.00	Kendala:- Alat grinding dan cor mati berkali-kali Solusi:-	

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

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

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

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

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

