



**PENGARUH PENAMBAHAN *VISCOSITY MODIFYING*
ADMIXTURE TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON
GEOPOLIMER SCC**

TUGAS AKHIR

Oleh :

Hudha Yuka Mahendra

NIM 171910301125

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2021



**PENGARUH PENAMBAHAN *VISCOSITY MODIFYING
ADMIXTURE* TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON
GEOPOLIMER SCC**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Teknik Sipil (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

Hudha Yuka Mahendra

NIM 171910301125

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2021

PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya dalam segala proses pada penyelesaian tugas akhir ini. Alhamdulillah, tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu. Rasa syukur saya ucapkan atas kehadiran orang-orang terdekat yang mendoakan serta memberi dukungan kepada saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Saya persembahkan tugas akhir ini kepada:

1. Kedua orang tua saya, ibu saya tercinta Yuswantini dan ayah saya tercinta Kasmolan Iskandar yang telah memberikan dukungan serta doa disetiap langkah perjalanan saya. Tiada kata yang bisa saya ungkapkan kecuali rasa syukur dan terima kasih kepada kedua orang tua saya yang senantiasa memberi semangat, kasih sayang, dan doa.
2. Nenek saya, Hamidah yang senantiasa memberi dukungan, nasihat, dan doa dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Kakak saya, Lisdiana dan Dai Agus yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, dan motivasi.
4. Keluarga besar yang senantiasa memberikan semangat dan motivasi.
5. Dosen Pembimbing saya, Ir. Dwi Nurtanto, S.T., M.T dan Ketut Aswatama Wiswamitra, S.T., M.T. yang memberikan bimbingan dan arahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Teman-Teman bidang struktur Febri, Rizki Aulia, Andra, Gilang Yuli, Rizki Ichwan yang selama ini membantu dan berbagi pengetahuan dalam pelaksanaan penelitian beton ini.
7. Teman-Teman yang telah sukarela membantu Alifian, Ichlasul, Rizal, Fidian, Masruri Anwar, Ainal Akbar, Amrulloh, Hanna, Thifal, Luqman, Karim, Ajeng, Hilmi, Shafanisa, dan Pandya, terima kasih atas bantuannya dalam penyelesaian penelitian ini.
8. Teman-teman satu angkatan Baswara 2017, terima kasih atas pengalaman, persahabatan, dan persaudaraan.
9. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember

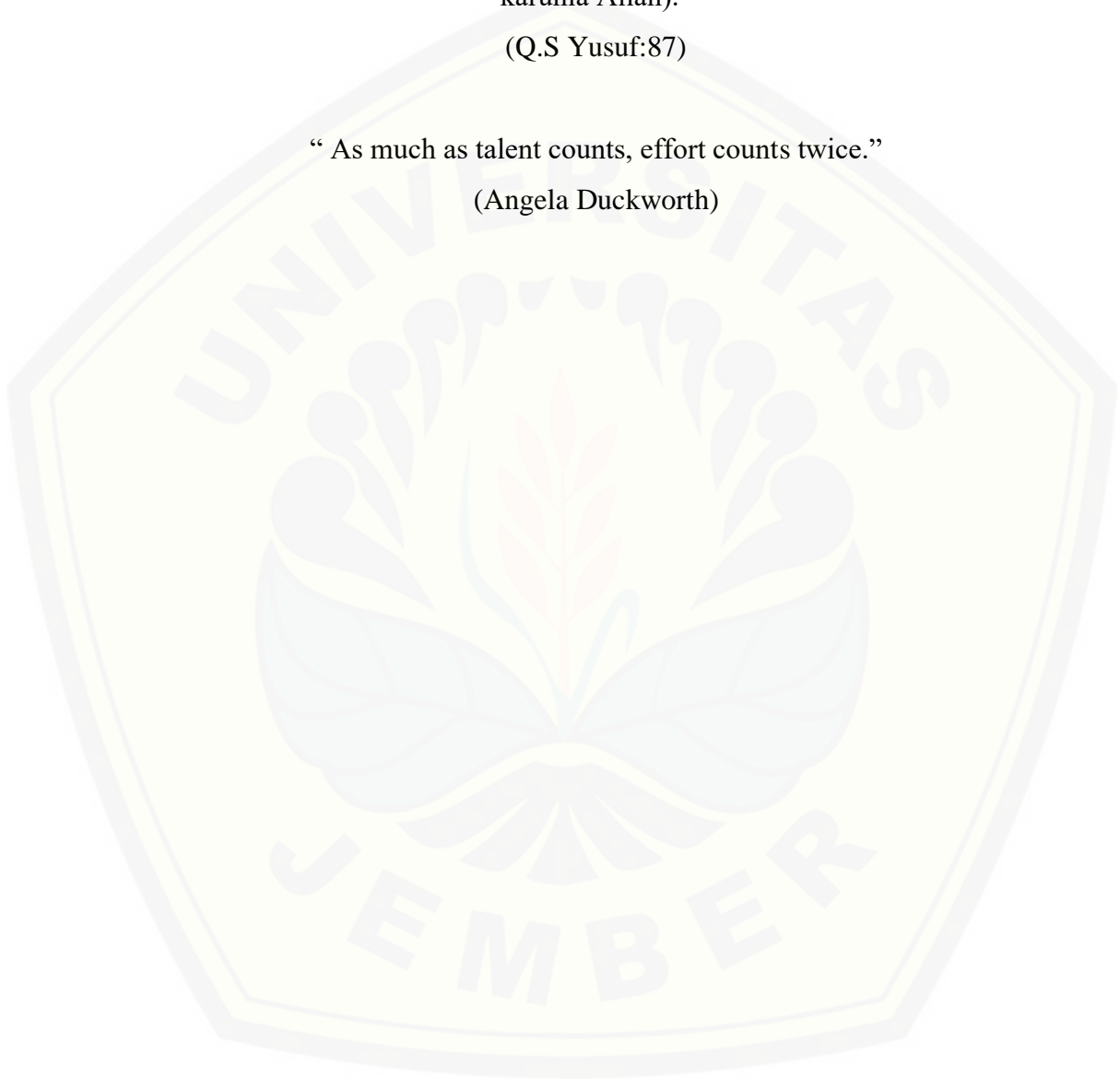
MOTTO

“Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus asa dari rahmat Allah melainkan orang-orang yang kufur (Terhadap karunia Allah).”

(Q.S Yusuf:87)

“ As much as talent counts, effort counts twice.”

(Angela Duckworth)



PERNYATAAN

Saya yang betanda tangan dibawah ini:

Nama : Hudha Yuka Mahendra

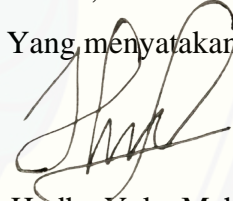
NIM : 171910301125

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Penambahan *Viscosity Modifying Admixture* Terhadap Sifat Mekanik Beton Geopolimer SCC” adalah benar hasil karya tulis ilmiah saya sendiri, kecuali pada kutipan yang telah saya sebutkan sumbernya, dan belum diajukan pada institusi manapun. Saya bertanggung jawab penuh atas kebenaran dan keabsahan isi dalam karya ilmiah ini sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya paksaan dan tekanan dari pihak manapun, dan bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 13 Januari 2021

Yang menyatakan



Hudha Yuka Mahendra

NIM. 171910301125

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN *VISCOSITY MODIFYING*
ADMIXTURE TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON
GEOPOLIMER SCC**

OLEH:

Hudha Yuka Mahendra

NIM.171910301125

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Dwi Nurtanto, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ketut Aswatama Wiswamirta, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Tugas akhir berjudul “Pengaruh Penambahan *Viscosity Modifying Admixture* Terhadap Sifat Mekanik Beton Geopolimer SCC” karya Hudha Yuka Mahendra telah diuji dan disahkan pada:

hari. Tanggal; : Rabu, 13 Januari 2021

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing

Pembimbing Utama



Ir. Dwi Nurtanto, S.T., M.T
NIP 197310151998021001

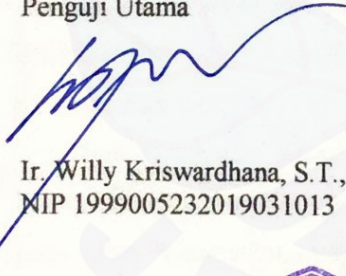
Pembimbing Anggota



Ketut A. Wiswamitra, S.T., M.T
NIP 197007132000121001

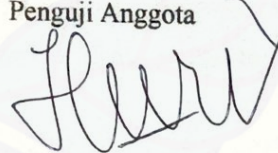
Tim Penguji

Penguji Utama



Ir. Willy Kriswardhana, S.T., M.T
NIP 1999005232019031013

Penguji Anggota



Dr. Ir. Krisnamurti, M.T.
NIP 196612281999031002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik,




Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP 197008261997021001

RINGKASAN

Pengaruh Penambahan *Viscosity Modifying Admixture* Terhadap Sifat Mekanik Beton Geopolimer SCC, Hudha Yuka Mahendra, 171910301125, 2021; 80 Halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Sifat *rheologi* pada beton segar dapat menjadi masalah terhadap sifat mekanik pada beton. Salah satu permasalahannya yaitu terjadinya *bleeding*, *segregasi*, dan rendahnya *workability* pada beton. *Viscosity modifying admixture* merupakan salah satu *admixture* yang mampu memperbaiki sifat *rheologi* pada beton segar. Penggunaan *viscosity modifying admixture* pada penelitian ini diterapkan pada beton geopolimer SCC. Persentase VMA yang digunakan sebesar 0%, 0.2%, 0.25%, 0.3%, dan 0.35% dengan benda uji silinder berukuran Ø15 x 30 cm berjumlah 45 buah.

Beton diuji terhadap *workability*, pengujian SEM dan sifat mekanik dengan *curing* pada suhu ruang. Pengujian *workability* beton terdiri dari uji *slump flow*, *V-Funnel*, dan *L-Shaped box*. Pengujian sifat mekanik yang dilakukan berupa pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7 dan 28 hari, sedangkan pengujian kuat tarik belah dilakukan pada umur 28 hari.

Hasil pengujian *slump flow*, *V-Funnel*, dan *L-Shaped Box* menunjukkan bahwa penambahan *viscosity modifying admixture* tidak menambah *workability* pada beton. Berdasarkan kategori SCC pada EFNARC (2005) seluruh variasi VMA tergolong beton SCC, serta beton geopolimer SCC tidak mengalami terjadinya *bleeding* dan *segregasi*.

Hasil pengujian sifat mekanik beton menunjukkan bahwa penambahan VMA memiliki pengaruh terhadap sifat mekanik beton. VMA sebesar 0.3% merupakan kadar optimum penggunaan VMA pada beton geopolimer SCC yang memiliki sifat mekanik tertinggi dari setiap variasi.

SUMMARY

The Effect of Viscosity Modifying Admixture on Mechanical Properties of Self Compacting Geopolymer Concrete, Hudha Yuka Mahendra, 171910301125, 2021; 80 Halaman; Departement of Civil Engineering, Faculty Of Engineering, Universitas Jember.

The rheological properties of fresh concrete can cause problems to the mechanical properties of concrete. One of the problems is the occurrence of bleeding, segregation, and low workability on concrete. Viscosity modifying admixture is a solution that can improve the rheological properties of fresh concrete. Viscosity modifying admixture on this research was applied to self-compacting geopolymer concrete. The percentage of VMA used is 0%, 0.2%, 0.25%, 0.3%, and 0.35% with a 45 cylinder sized Ø15 x 30 cm.

The concrete was tested for workability, scanning electron microscope, and mechanical properties by curing at room temperature. Concrete workability testing includes slump flow, V-Funnel, and L-Shaped box. Mechanical properties testing includes the compressive strength test and tensile strength of the concrete. The concrete compressive strength test is carried out at the age of 7 and 28 days, while the tensile strength test will be carried out at ages 28 days.

The results of the slump flow, V-Funnel, and L-Shaped box showed that the addition of viscosity modifying admixture did not increase workability in concrete. Based on the SCC category in EFNARC (2005) all variations of VMA are classified as self-compacting concrete (SCGC) and did not occur bleeding and segregation.

The results of the mechanical properties of concrete showed that the addition of viscosity modifying admixture is affected by the mechanical properties of concrete. Percentage VMA 0.3% is the optimum level of use in self-compacting geopolymer concrete which has the highest mechanical properties of each variation.

PRAKATA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayahnya yang senantiasa melimpah, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Penambahan *Viscosity Modifying Admixture* Terhadap Sifat Mekanik Beton Geopolimer SCC” sebagai salah satu syarat menyelesaikan program studi S1 di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Dr. Ir Gusfan Halik, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
3. Luthfi Amri Wicaksono, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik saya yang sabar dalam mendidik saya selama perkuliahan.
4. Ir. Dwi Nurtanto, S.T., M.T dan Ketut Aswatama Wiswamitra, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang senantiasa sabar dalam membimbing tugas akhir saya.
5. Ir. Willy Kriswardhana, S.T, M.T. dan Dr.Ir. Krisnamurti, M.T. selaku dosen penguji yang senantiasa memberikan arahan kepada saya, dan seluruh dosen jurusan teknik sipil yang telah membantu saya dalam proses belajar.
6. Kedua orang tua yang telah memberi doa dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis berharap adanya kritik dan saran yang bersifat membangun pada penulisan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi mahasiswa dan lembaga terkait.

Jember, 13 Januari 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN	i
HALAMAN DALAM.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN`	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Beton Memadat Sendiri (SCC)	5
2.2 Pengertian Beton <i>Geopolimer</i>.....	5
2.3 Material Penyusun Beton <i>Geopolimer</i>	7
2.3.1 Agregat	7
2.3.2 Prekursor.....	8
2.3.3 Alkali Aktivator.....	8
2.3.4 Bahan Tambah (<i>Admixture</i>).....	9
2.4 Sifat <i>Rheologi</i> Beton.....	9
2.5 <i>Fly Ash</i>	10
2.5.1 Klasifikasi <i>Fly Ash</i>	10

2.5.2	Sifat <i>Fly Ash</i>	12
2.6	<i>Viscosity Modifying Admixture (VMA)</i>	13
2.7	Uji Slump <i>Self Compacting Concrete</i> (EFNARC 2005)	14
2.7.1	<i>Slump Cone</i> dan T500.....	14
2.8	Pengujian Sifat Mekanik Beton	17
2.8.1	Kuat Tekan Beton.....	17
2.8.2	Kuat Tarik Belah Beton.....	17
2.9	Analisis Data Statistika	17
2.9.1	Standar Deviasi.....	18
2.9.2	Analisis Koefisien Korelasi Sederhana	18
2.9.3	Analisis Regresi Linier	20
2.9.4	Analisis Regresi Non Linier Parabolic	20
2.10	Penelitian Terdahulu	21
2.10.1	Penelitian Terdahulu Beton <i>Geopolimer</i>	21
2.10.2	Penelitian Penggunaan <i>Viscosity Modifying Admixture (VMA)</i>	23
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	27
3.2	Variabel Penelitian	27
3.2.1	Variabel Bebas.....	27
3.2.2	Variabel Kontrol	27
3.2.3	Variabel Terikat.....	27
3.3.	Persiapan Bahan	27
3.3.1	<i>Fly Ash</i>	28
3.3.2	<i>Superplasticizer</i>	28
3.3.3	<i>Viscosity Modifying Admixture</i>	29
3.3.4	Alkali Aktivator	29
3.4	Pengujian Material	31
3.4.1	Agregat Halus (Pasir)	31
3.4.2	Agregat Kasar (Kerikil)	31
3.4.3	Semen <i>Geopolimer (Fly Ash)</i>	31
3.5	Komposisi Campuran	32

3.5.1	Kebutuhan Benda Uji	32
3.6	Metode Pembuatan Benda Uji	33
3.6.1	Peralatan	33
3.6.2	Bahan	34
3.6.3	Prosedur Pembuatan	34
3.7	Pengujian Beton Geopolimer SCC	35
3.7.1	<i>Slump Flow Test</i>	35
3.7.2	<i>L-Shaped Box</i>	35
3.7.3	<i>V-Funnel Test</i>	36
3.8	Perawatan Beton (<i>Curing</i>)	36
3.9	Tes Kuat Tekan Beton Geopolimer SCC	36
3.10	Tes Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer	37
3.11	Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	37
3.12	Analisa Data	37
BAB 4.	PEMBAHASAN	38
4.1	Pengujian <i>Fly Ash</i>.....	38
4.1.1	Berat Jenis <i>Fly Ash</i>	38
4.1.2	Berat Volume <i>Fly Ash</i>	39
4.2	Pengujian Agregat Halus.....	39
4.2.1	Analisa Saringan Agregat	39
4.2.2	Berat Jenis Agregat Halus	43
4.2.3	Berat Volume Agregat Halus	43
4.2.4	Kelembaban Agregat Halus.....	44
4.2.5	Kadar Air Resapan Agregat Halus	44
4.2.6	Kadar Lumpur Agregat Halus	45
4.3	Pengujian Agregat Kasar	45
4.3.1	Analisa Saringan Agregat Kasar.....	46
4.3.2	Berat Jenis Agregat Kasar	48
4.3.3	Berat Volume Agregat Kasar	49
4.3.4	Kelembaban Agregat Kasar.....	49
4.3.5	Kadar Air Resapan Agregat Kasar	50
4.3.6	Kadar Lumpur Agregat Kasar	50

4.4 Hasil Perencanaan Campuran Beton Geopolimer SCC (<i>Mix Design</i>)	51
4.5 Hasil Pengujian <i>Rheologi</i> Beton Geopolimer SCC	52
4.5.1 Uji <i>Slump Flow</i> dan T_{500}	52
4.5.2 Pengujian <i>L-Shaped Box</i>	54
4.5.3 Pengujian V Funnel Test	56
4.5.4 Analisa <i>Rheologi</i> Beton Segar Geopolimer SCC	58
4.6 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Geopolimer SCC	59
4.6.1 Pengujian Kuat Tekan Umur 7 Hari	60
4.6.2 Analisa Statistik Kuat Tekan Umur 7 Hari.....	61
4.6.3 Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari.....	62
4.6.4 Analisa Statistik Kuat Tekan Umur 28 Hari.....	64
4.6.5 Pengujian Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari	65
4.6.6 Analisis Statistik Kuat Tarik Belah Beton.....	67
4.7 Analisa Pengaruh Penambahan VMA pada Sifat Mekanik Beton Geopolimer	68
BAB 5. PENUTUP	74
5.1 Kesimpulan	74
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2 1 Persyaratan Kandungan Kimia Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>)	12
Tabel 2 2 Klasifikasi Sifat Fisik <i>Fly Ash</i>	13
Tabel 3 1 Komposisi Kimia <i>Fly Ash</i> Berdasarkan Hasil XRF dan LOI.....	28
Tabel 3 2 Komposisi Benda Uji Beton <i>Geopolimer</i> Untuk Pengujian Kuat Tekan Beton.....	32
Tabel 3 3 Komposisi Benda Uji Beton <i>Geopolimer</i> untuk Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	33
Tabel 4 1 Hasil Pengujian Berat Jenis <i>Fly Ash</i>	38
Tabel 4 2 Hasil Pengujian Berat Volume <i>Fly Ash</i>	39
Tabel 4 3 Hasil Analisa Saringan Pasir (Agregat Halus).....	40
Tabel 4 4 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus	43
Tabel 4 5 Hasil Pengujian Berat Volume Agregat Halus	43
Tabel 4 6 Hasil Pengujian Kelembaban Agregat Halus.....	44
Tabel 4 7 Hasil Pengujian Kadar Air Resapan Agregat Halus	45
Tabel 4 8 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus	45
Tabel 4 9 Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar.....	46
Tabel 4 10 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar	47
Tabel 4 11 Hasil Pengujian Berat Volume Agregat Kasar	48
Tabel 4 12 Hasil Pengujian Kelembaban Agregat Kasar.....	49
Tabel 4 13 Hasil Pengujian Kadar Air Resapan Agregat Kasar	50
Tabel 4 14 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar	50
Tabel 4 15 Proporsi <i>Mix Design</i> Beton Geopolimer SCC	51
Tabel 4 16 Hasil Pengujian <i>Slump Flow</i> dan T ₅₀₀	52
Tabel 4 17 Klasifikasi <i>Slump Flow</i> Berdasarkan EFNARC 2005	53
Tabel 4 18 Hasil Pengujian <i>L-Shaped Box</i>	55
Tabel 4 19 Hasil Pengujian <i>V-Funnel</i>	56
Tabel 4 20 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Workabilty</i> Beton.....	59
Tabel 4 21 Hasil Pengujian Kuat Umur 7 Hari	60
Tabel 4 22 Hasil Analisa Regresi Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari.....	61

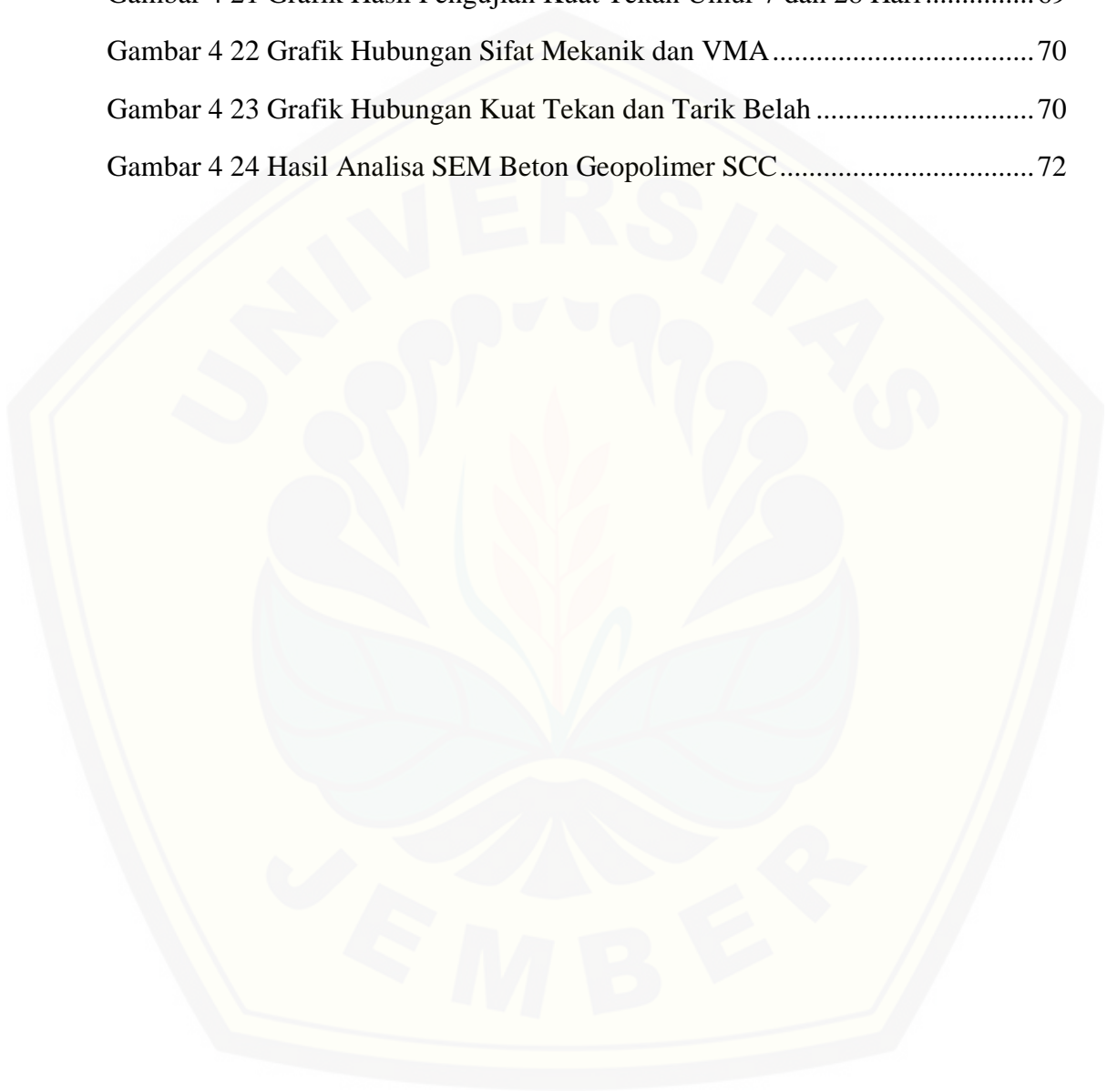
Tabel 4 23 Hasil Pengujian Kuat Umur 28 Hari	63
Tabel 4 24 Hasil Analisa Regresi Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	64
Tabel 4 25 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah 28 Hari	66
Tabel 4 26 Hasil Analisa Regresi Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari	67
Tabel 4 27 Rekapitulasi Pengujian Sifat Mekanik Beton	69



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 1 Reaksi Kimia Beton Biasa (Kiri) dan Beton <i>Geopolimer</i> (Kanann)...	6
Gambar 2 2 Fly Ash Kelas F.....	11
Gambar 2 3 Fly Ash Kelas C	11
Gambar 2 4. Slump Cone.....	14
Gambar 2 5. Baseplate	15
Gambar 2 6 V-Funnel Test.....	16
Gambar 2 7 L-Shape Box.....	16
Gambar 3 4 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 4 1 Grafik Batas Gradasi Zona 1 Agregat Halus	41
Gambar 4 2 Grafik Batas Gradasi Zona 2 Agregat Halus	41
Gambar 4 3 Grafik Batas Gradasi Zona 3 Agregat Halus	42
Gambar 4 4 Grafik Batas Gradasi Zona 4 Agregat Halus	42
Gambar 4 5 Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar Saringan 10 mm	47
Gambar 4 6 Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar Saringan 20 mm	47
Gambar 4 7 Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar Saringan 40 mm	48
Gambar 4 8 Grafik Pengujian <i>Slump Flow</i>	52
Gambar 4 9 Grafik Pengujian T_{500}	53
Gambar 4 10 Pengujian <i>Slump Flow</i>	54
Gambar 4 11 Grafik Pengujian <i>L-Shaped Box</i>	55
Gambar 4 12 Pengujian L Shaped Box	56
Gambar 4 13 Grafik Pengujian <i>V-Funnel</i>	57
Gambar 4 14 Pengujian <i>V-Funnel</i>	58
Gambar 4 15 Diagram Batang Pengujian Umur Tekan Umur 7 Hari.....	60
Gambar 4 16 Grafik Regresi Polinomial Kuat Tekan Umur 7 Hari	62
Gambar 4 17 Diagram Batang Pengujian Kuat Tekan Umur 28 Hari	63

Gambar 4 18 Grafik Regresi Polinomial Kuat Tekan Umur 28 Hari	65
Gambar 4 19 Diagram Batang Pengujian Kuat Tarik Belah Umur 28 Hari	66
Gambar 4 20 Grafik Regresi Polinomial Kuat Tarik Belah Beton	68
Gambar 4 21 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Umur 7 dan 28 Hari	69
Gambar 4 22 Grafik Hubungan Sifat Mekanik dan VMA.....	70
Gambar 4 23 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Tarik Belah	70
Gambar 4 24 Hasil Analisa SEM Beton Geopolimer SCC.....	72



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 3.2 *Mix Design* Beton Geopolimer SCC

Lampiran 4 Gambar Pelaksanaan Praktikum



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu material penyusun beton adalah semen. Proses pabrikan pada semen menghasilkan jumlah karbondioksida (CO_2) yang setara dengan total produksi semen, selain itu penguapan yang terjadi pada proses produksi semen memicu terjadinya *global warming*. Oleh karena itu, diperlukan teknologi beton ramah lingkungan untuk mengurangi penggunaan semen. Beton geopolimer merupakan beton ramah lingkungan yang berkembang belakangan ini. Beton *geopolimer* merupakan inovasi beton yang menggantikan material semen secara total dengan campuran antara mineral *Alumina* (Al) dan *Silika* (Si) dengan larutan alkali (Ghosh & Ghosh, 2012). Material utama penyusun beton *geopolimer* terdapat pada bahan pozzolan yang memiliki kandungan *Alumina* (Al) dan *Silika* (Si) yang dapat ditemukan pada sisa buangan material industri seperti *fly ash*.

Beton geopolimer merupakan salah satu beton yang rentan terjadi *bleeding* dan *segregasi*. *Bleeding* dan *segregasi* pada beton geopolimer dipengaruhi oleh kandungan air berlebih dan reaksi alkali aktivator yang tidak seimbang sehingga mempengaruhi *rheologi* dari beton segar SCC (Chindraprasirt & Cao, 2015). *Bleeding*, *segregasi* dan rendahnya *workability* pada proses pembuatan beton segar dapat mengurangi sifat mekanik pada beton (Andreas dkk., 2018). *Superplasticizer* dan *Viscosity Modifying Admixture (VMA)* merupakan salah satu solusi dalam mengatasi hal tersebut. *Superplasticizer* berfungsi untuk meningkatkan *workability* beton, sedangkan *Viscosity Modifying Admixture (VMA)* berfungsi untuk mencegah *segregasi*, *bleeding*, serta dapat meningkatkan kuat tekan beton (Andreas et al., 2018) Menurut EFNARC (2006) penggunaan *Viscosity Modifying Admixture (VMA)* hanya mampu meningkatkan viskositas pada beton dan hanya meningkatkan sedikit *workability* pada beton. Oleh karena itu, penggunaan *Viscosity Modifying Admixture (VMA)* dikombinasikan

dengan penggunaan *Superplasticizer* untuk mengoptimalkan sifat pada beton (EFNARC., 2006)

Viscosity Modifying Admixture (VMA) sebagai admixture beton telah diaplikasikan pada beton SCC, serta mortar dan beton rendah semen. Salah satu penelitian mengenai VMA yaitu pada penelitian Pangestu dkk. (2015) mengenai kombinasi penggunaan VMA dan *superplasticizer* pada mortar dan beton memadat sendiri (SCC). Penelitian tersebut menggunakan variasi VMA sebesar 0% hingga 0.312%, sedangkan persentase *superplasticizer* yang digunakan sebesar 1.6%. Berdasarkan *trial and error* didapatkan hasil bahwa kombinasi VMA dan Superplasticizer yang tepat dapat mencegah terjadinya *bleeding* dan *segregasi* serta meningkatkan *slump flow*. Nilai kuat tekan tertinggi tercapai pada persentase VMA sebesar 0.192% dengan nilai kuat tekan sebesar 56 MPa (Pangestu et al., 2015). Penelitian mengenai VMA tidak hanya dilakukan pada beton normal dan SCC, melainkan pernah dilakukan pada *self compacting geopolymer concrete* (SCGC) dengan campuran semen *Ordinary Portland Cement* (OPC). Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa penambahan VMA dapat meningkatkan karakteristik SCGC (Ganeshan dkk., 2017). Penelitian ini membahas mengenai pengaruh penambahan *viscosity modifying admixture* (VMA) terhadap beton geopolimer. Berdasarkan penelitian sebelumnya, penggunaan *viscosity modifying admixture* dengan kombinasi *superplasticizer* dapat diterapkan pada beton SCC, beton rendah semen, dan beton *self compacting geopolymer concrete* (SCGC). Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah penggunaan VMA diaplikasikan pada beton geopolimer SCC tanpa penambahan semen. Persentase VMA yang digunakan pada penelitian ini sebesar 0%, 0.2%, 0.25%, 0.3%, dan 0.35% dengan mengacu penelitian dari Andreas dkk. (2018) dan Pangestu dkk. (2015). Selain itu, *Superplasticizer* dengan nilai 2.5% juga digunakan pada penelitian ini. Pemilihan *superplasticizer* sebesar 2.5% didasarkan oleh penelitian Perkasa (2020) dimana nilai optimum *superplasticizer* sebesar 2.5% dengan molaritas sebesar 14M dapat menghasilkan rata rata kuat tekan

sebesar 57,9 MPa pada kondisi perawatan kering. Penelitian ini memiliki tujuan guna mengetahui bagaimana pengaruh penambahan *viscosity modifying admixture* terhadap sifat rheologi dan sifat mekanik beton geopolimer SCC. Analisa sifat rheologi dilakukan secara visual dan melalui pengujian *slump* flow dengan acuan EFNARC (2005), sedangkan pengujian sifat mekanik yang dilakukan berupa pengujian kuat tekan pada umur 7 dan 28 hari, dan uji kuat tarik belah pada umur 28 hari.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan *viscosity modifying admixture* (VMA) terhadap sifat *rheologi* beton segar *geopolimer* SCC?
2. Bagaimana pengaruh penambahan *viscosity modifying admixture* (VMA) terhadap sifat mekanik beton *geopolimer* SCC?

1.3 Tujuan

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh penambahan *viscosity modifying admixture* (VMA) terhadap sifat *rheologi* beton segar *geopolimer* SCC.
2. Menganalisis pengaruh penambahan *viscosity modifying admixture* (VMA) terhadap sifat mekanik beton *geopolimer* SCC.

1.4 Manfaat

Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah :

1. Menambah kajian mengenai penggunaan *viscosity modifying admixture* (VMA) pada beton.
2. Menjadi referensi dalam mengembangkan material penyusun pada beton *geopolimer*.

Manfaat secara praktis dari penelitian ini adalah :

1. Mengurangi pencemaran lingkungan akibat penggunaan semen pada beton.

2. Memperbaiki sifat rheologi beton (*bleeding, segregasi, dan workability*).

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah sebagai berikut :

1. Pengujian sifat mekanik berupa uji sifat mekanik tekan pada umur 7 dan 28 hari dan sifat mekanik tarik belah umur 28 hari.
2. Tidak menguji porositas beton.
3. Tidak melakukan pengujian *setting time*.
4. Tidak Menguji sifat rheologi berupa *segregation resistance, yield stress, dan viscometer*.
5. Tidak memperhitungkan anggaran pembuatan beton.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Memadat Sendiri (SCC)

Beton memadat sendiri (SCC) adalah beton yang mampu memadat dengan sendirinya tanpa menggunakan bantuan alat pemadat atau penggetar. Dalam segi mutu beton memadat sendiri (SCC) memiliki keunggulan dapat mengurangi permeabilitas beton sehingga permukaan beton menjadi lebih halus dan homogen.

Komposisi dari beton SCC disesuaikan oleh jenis beton yang dicetak, salah satunya yaitu dengan penambahan *superplasticizer*. *Superplasticizer* adalah bahan tambah yang digunakan pada beton SCC. EFNARC (2005) menyebutkan bahwa *fluiditas* dan *viskositas* pasta diatur dan diimbangi dengan pemilihan proporsi semen, bahan tambah, dan penambahan *superplasticizer*. *Superplasticizer* termasuk bahan kimia yang dapat mereduksi air atau dapat disebut *high range water reducer*. *Superplasticizer* pada campuran terserap pada semen dan berfungsi untuk memecah partikel air dalam semen dengan memodifikasi keseimbangan gaya antar partikel sehingga air dapat mengalir serta fluiditas dari beton bertambah.

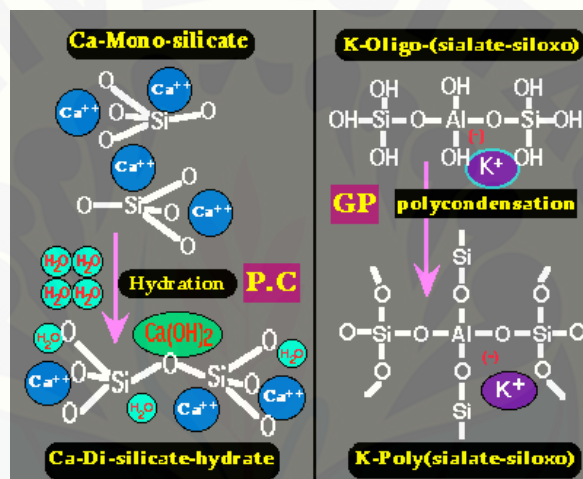
Menurut EFNARC (2005) mengenai beton SCC, bahwa penggunaan *superplasticizer* dapat dikombinasikan dengan *viscosity modifying admixture* guna mengontrol *segerasi*. Hal tersebut dikuatkan oleh EFNARC (2006) mengenai *viscosity modifying admixture* dimana penggunaan VMA guna meningkatkan plastisitas dan viskositas pada beton, sedangkan *superplasticizer* untuk menurunkan titik leleh dari beton SCC atau *flowability*.

2.2 Pengertian Beton Geopolimer

Beton *geopolimer* merupakan produk beton geosintetis yang menggantikan material semen secara total dengan campuran antara mineral alumina (Al) dan silika (Si) dengan larutan alkali (Prasandha et al., 2015). Joseph Davidovits meneliti bahwa semakin besar rasio perbandingan Si/Al maka karakteristik pada *geopolimer* semakin kuat hal tersebut terjadi karena

reaksi antara silika dan alumina memperkuat ikatan polimerisasi (Davidovits, 1994).

Beton *geopolimer* memiliki perbedaan dengan beton normal. Secara keseluruhan beton *geopolimer* menggantikan semen dengan material prekursor yang mengandung senyawa Alumina (Al) dan Silika (Si). Material prekursor tersebut terbentuk melalui reaksi kimia tidak melalui reaksi hidrasi seperti semen. Reaksi kimia pada beton *geopolimer* adalah reaksi polimerisasi dengan membentuk satu molekul yang memiliki banyak gugus fungsi (Davidovits, 2013).



Gambar 2.1 Reaksi kimia beton biasa (kiri) dan beton *geopolimer* (Kanan)

(Sumber : Joseph Davidovits,2013)

Geopolimer memiliki kelebihan pada sifat kimia dan sifat fisiknya, sifat kimia merupakan sifat *geopolimer* apabila bereaksi dengan senyawa kimia sedangkan sifat fisik adalah sifat yang tidak memerlukan reaksi dengan senyawa lain. Kelebihan dari sifat kimia beton *geopolimer* yaitu memiliki ketahanan baik terhadap serangan kimia terutama pada kondisi asam seperti lingkungan laut yang agresif. Selain kelebihan pada sifat kimia beton *geopolimer* juga memiliki kelebihan pada sifat fisiknya yaitu mampu meningkatkan durabilitas dan tahan api pada beton.

2.3 Material Penyusun Beton *Geopolimer*

Material penyusun beton *geopolimer* terdiri dari agregat, prekursor, alkali aktivator, air, dan *admixture*.

2.3.1 Agregat

Agregat terdiri dari agregat halus dan agregat kasar. Agregat kasar diperoleh dari pemecahan batuan lebih dari 5 mm atau yang biasa disebut dengan batu pecah, sedangkan agregat halus berupa pasir alam yang diperoleh dari disintegrasi alami dari batuan atau pasir dengan ukuran kurang dari 5 mm. Agregat pada beton harus memenuhi syarat dari ketentuan ASTM – C33 mengenai Spesifikasi Agregat Untuk Beton dan SNI – 03 – 2461-1991 mengenai Spesifikasi Agregat Ringan untuk Beton Struktur.

a) Agregat Kasar

Menurut SNI – 03 – 2847-2002 agregat kasar mempunyai ukuran butir antara 5 mm hingga 40 mm. Agregat kasar yang dapat digunakan sebagai harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Kerikil atau batu pecah harus terdiri dari butir yang keras dan tidak berpori. Agregat yang mengandung pipih hanya dapat digunakan apabila tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya.
2. Tidak mengandung bahan reaktif terhadap alkali.

b) Agregat Halus

Menurut SNI – 03 – 2847-2002, agregat halus merupakan agregat yang memiliki ukuran maksimum sebesar 5 mm. Agregat halus dapat berupa pasir alam, pasir olahan atau gabungan dari kedua pasir. Syarat penggunaan agregat halus pada beton yaitu :

1. Kadar lumpur maksimum untuk beton yang mengalami abrasi adalah 3% dari berat maksimum, dan untuk beton jenis lain adalah 5% dari berat maksimum.
2. Bebas dari zat organik yang merugikan beton.
3. Tidak mengandung bahan yang reaktif terhadap alkali.

2.3.2 Prekursor

Prekursor merupakan bahan utama perekat dalam membentuk *geopolimer* yang berasal dari material alami atau limbah industri. Proses pembentukan sintesa pada *geopolimer* terdiri dari senyawa alumina (Al) dan silika (Si) sebagai bahan utama pembentuk polimer dan alkali aktivator untuk mengaktifkan senyawa prekursor (Sandya & Musalamah, 2019).

Prekursor dapat berasal dari senyawa yang memiliki kandungan alumina (Al) dan silika (Si) yang tinggi. Prekursor yang digunakan pada penelitian ini adalah *fly ash* yang berasal dari PT. Jawa Power (PLTU PAITON, Jawa Timur). Abu sekam padi, abu cangkang telur, abu tebu, lumpur merah juga dapat digunakan sebagai prekursor pada beton *geopolimer* (Sandya & Musalamah, 2019).

2.3.3 Alkali Aktivator

Alkali aktivator merupakan bahan kimia yang digunakan untuk mengaktifkan senyawa prekursor. Alkali mengaktifkan senyawa prekursor dengan melarutkan SiO_2 dan Al_2O_3 ke dalam monomer $\text{Si}(\text{OH})_4$ dan $\text{Al}(\text{OH})_4$. Proses curing mendorong terjadinya polimerisasi dari monomer alumina-silika menjadi struktur jaringan molekul tiga dimensi (Septia G, 2015).

Sodium silikat dan sodium hidroksida merupakan salah satu material yang digunakan sebagai alkali aktivator pada beton *geopolimer*. Sodium silikat berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi, sedangkan senyawa alumina (Al) dan silika (Si) dapat bereaksi dengan material sodium hidroksida (Hardjito dkk., 2004). Campuran antara *fly ash* dengan sodium silikat (Na_2SiO_3) dan sodium hidroksida (NaOH) membentuk ikatan yang kuat dan padat. Campuran *fly ash* dengan sodium silikat (Na_2SiO_3) dapat mengakibatkan retakan antar mikrostruktur, tetapi campuran *fly ash* dengan sodium hidroksida (NaOH) membentuk ikatan yang pada dan tidak

mengakibatkan retakan (Septia G, 2015). Oleh karena itu, diperlukan komposisi yang seimbang antara Na_2SiO_3 dan NaOH .

2.3.4 Bahan Tambah (*Admixture*)

Bahan tambah adalah bahan campuran yang berupa cairan atau bubuk yang berfungsi untuk mengubah sifat beton. *admixture* merupakan material selain agregat, air dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam adukan beton (ACI SP-19). Bahan tambah pada campuran beton terdiri dari bahan tambah kimia dan *admixture* mineral. *Admixture* kimia yaitu bahan tambah yang berfungsi untuk mereduksi air pada beton, meningkatkan *workability*, meningkatkan nilai slump, mempercepat pengerasan pada beton, dan lain lain. (C494/C494M-05, 2019). Bahan tambah mineral berfungsi untuk meningkatkan sifat mekanik beton. Bahan tambah mineral pada beton yang digunakan dapat berupa *fly ash*, slag, pozzolan, dan *silica fume*.

Admixture yang digunakan pada penelitian ini adalah *Chemical Admixture* berupa *superplasticizer* dan *viscosity modifying admixture (VMA)*. *Superplasticizer* digunakan untuk meningkatkan *workability* pada beton sedangkan *viscosity modifying admixture (VMA)* digunakan untuk memperbaiki rheologi beton (Andreas dkk, 2018). *Superplasticizer* yang digunakan pada penelitian ini adalah *superplasticizer* Sika Viscocrete 3115N, sedangkan *viscosity modifying admixture (VMA)* digunakan adalah Sika Stabilizer 4R.

2.4 Sifat *Rheologi* Beton

Sifat *Rheologi* merupakan sifat yang dimiliki beton berupa kelecakan, kepadatan, dan sifat air dalam beton. Secara istilah dalam bahasa bahwa *rheologi* berasal dari bahasa Yunani yaitu *rheos* dan *logos* yang dapat diartikan sebagai ilmu yang mempelajari mengenai pergerakan dan deformasi dari zat cair dan zat padat.

Sifat *rheologi* beton sangat dipengaruhi oleh perbandingan volume air dan powder atau bisa kita kenal faktor air semen. Sifat dari *rheologi* beton dapat dilihat melalui 2 parameter yaitu titik leleh dan viskositas pada beton. Pengujian dan pengamatan sifat *rheologi* beton dapat dilakukan dengan metode konvensional yaitu dengan menguji *flow test* dan *V-Funnel Test* (Kevin Wibowoputra et al., 2014).

2.5 Fly Ash

Fly ash didapatkan dari hasil pembakaran batubara yang tidak terpakai. Pada beton *fly ash* digunakan sebagai bahan tambah mineral dan substitusi pengganti semen pada beton *geopolimer*. Penggunaan bahan tambah *fly ash* pada beton memiliki fungsi untuk meningkatkan *pumpability*, memperpanjang *setting time*, mengurangi *bleeding*, memperbaiki kuat tekan beton, meningkatkan *shrinkage*, dan mengurangi *creep* pada beton (ACI, 2002).

2.5.1 Klasifikasi Fly Ash

Fly ash diklasifikasikan menjadi 3 tipe yaitu *fly ash* kelas C, kelas F, dan kelas N. Masing-masing tipe dari *fly ash* tersebut memiliki komposisi yang berbeda satu sama lain. ASTM C 618 mengklasifikasikan berdasarkan kandungan kalsium dan asal terbentuknya *fly ash*.

a) Fly Ash Kelas F

Fly ash kelas F berasal dari batubara pembakaran batubara *bituminous* tetapi dapat pula berasal dari batubara *sub bituminous* dan *lignite*. Berdasarkan kandungan kalsiumnya *fly ash* kelas F tergolong pada *fly ash* rendah kalsium dengan kadar kalsium (CaO) <10%). Abu terbang (*fly ash*) kelas F memiliki sifat pozzolan namun tidak bersifat *cementitious*. (ASTM C618, 2019).



Gambar 2.2 *Fly ash kelas F*
(Sumber : Lauw Tjun Nji)

b) *Fly Ash Kelas C*

Fly ash kelas C berasal dari pembakaran *lignite* atau batubara *sub bituminous*, dan dapat berasal dari antrasit atau batubara *bituminous*. Kandungan kalsium pada abu terbang kelas C > 15% sehingga diklasifikasikan sebagai batubara dengan kadar kalsium yang tinggi. Kadar kalsium pada *fly ash kelas C* menjadikan *fly ash* bersifat pozzolan dan cementitious (ASTM C618, 2019).



Gambar 2.3 *Fly ash kelas C*
(Sumber : Lauw Tjun Nji)

c) *Fly Ash Kelas N*

Fly ash kelas N berasal dari pozzolan alami atau sudah melalui proses kalsinasi seperti tanah hasil pelapukan (*diatomae*), batu

rijang dan serpih, tufa, dan abu vulkanik. *Fly ash* kelas N bersifat pozzolan. (ASTM C618, 2019)

2.5.2 Sifat *Fly Ash*

Sifat *fly ash* dapat dibagi menjadi sifat kimia dan fisik dengan uraian sebagai berikut :

a) Sifat Kimia *Fly Ash*

Menurut ASTM C618 atau dalam ketentuan Indonesia pada SNI 2460-2014 sifat kandungan kimia *fly ash* diklasifikasikan sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Spesifikasi kandungan kimia *fly ash* (Sumber : ASTM C618 atau 2460:2014)

	Kelas		
	N	F	C
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ (maks, %)	70.0	70.0	50.0
SO ₃ (maks, %)	4.0	5.0	5.0
Kadar air (maks, %)	3	3	3
Hilang pijar (maks, %)	10	6 ^A	6

Pada tabel tersebut terdapat catatan pada *fly ash* kelas F. *Fly ash* kelas F dengan kadar hilang pijar sebesar 12% dapat digunakan apabila catatan kinerjanya telah melalui proses uji laboratorium.

b) Sifat Fisik *Fly Ash*

ASTM C618 atau SNI 2460-2014 mengklasifikasikan sifat fisik abu terbang (*fly ash*) sebagai berikut :

Tabel 2.2 Klasifikasi sifat fisik *fly ash* (Sumber : ASTM C618 atau SNI 2460-2014)

No	Uraian	Kelas		
		N(%)	F(%)	C(%)
1	Jumlah Tertahan ayakan 45 μm (No.325) maksimum	34	34	34
2	Indeks Aktifitas Kekuatan 7 Hari	75	75	75
	28 Hari	75	75	75
	Kebutuhan Air	115	105	105
3	Ekspansi atau penyusutan	0,8	0,8	0,8
4	Densitas	5	5	5
5	Persentase tertahan ayakan ukuran 45 μm (No.325)	5	5	5

2.6 Viscosity Modifying Admixture (VMA)

Viscosity Modifying Admixture (VMA) merupakan salah satu bahan tambah pada beton. Deskripsi mengenai VMA terdapat pada panduan *Viscosity Modifying Admixture* (VMA) EFNARC (2006). Kegunaan utama dari penggunaan VMA adalah dapat merubah sifat rheologi pada pasta semen. Penggunaan VMA merubah sifat rheologi beton dengan menaikkan viskositas plastis pada beton, namun tidak untuk mengurangi titik leleh pada beton. Oleh karena itu, penggunaan VMA dikombinasi dengan penggunaan *superplasticizer* untuk menyeimbangkan titik leleh dan viskositas plastis pada beton.

Fungsi penggunaan VMA terfokus pada perubahan sifat rheologi beton. Sifat rheologi tersebut antara lain dapat mengurangi segregasi, *bleeding*, mengurangi gesekan dan tekanan pada beton yang dipompa, dan mengkompensasi gradasi agregat yang buruk.

Viscosity Modifying Admixture (VMA) dapat digunakan pada beton SCC, beton bawah air, beton *pumping*, dan lainnya. Penggunaan VMA pada beton SCC dapat diklasifikasikan menjadi 3 tipe yaitu berdasarkan *powder type*, *viscosity agent type*, dan *combination type*. *Powder type* pada beton SCC bercirikan penggunaan VMA pada semen/*powder* dengan jumlah besar antara 550 hingga 650 kg/m^3 . Pada *viscosity agent type* bercirikan penggunaan VMA

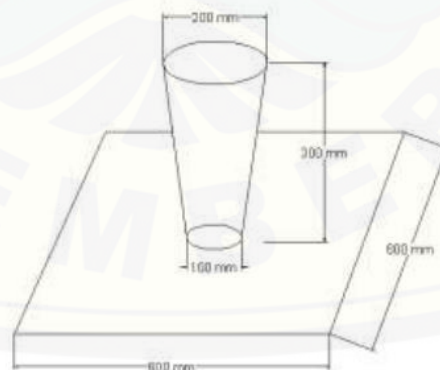
pada semen/*powder* dibawah 350 hingga 450 kg/m³, sedangkan *combination type* VMA digunakan pada semen/*powder* antara 450 hingga 550 kg/m³. Penggunaan VMA pada beton SCC tersebut dikombinasikan dengan superplasticizer yang berfungsi untuk mengurangi titik leleh dari beton.

2.7 Uji Slump *Self Compacting Concrete* (EFNARC 2005)

Menurut EFNARC (2005) uji slump pada beton *self compacting concrete* (SCC) meliputi pengujian *filling ability* pada slump cone, *pengujian flowability dan filling ability* pada *V Funnel test*, dan pengujian *passing ability* pada *L-Box test*. Masing-masing pengujian memiliki prosedur berbeda.

2.7.1 *Slump Cone* dan T500

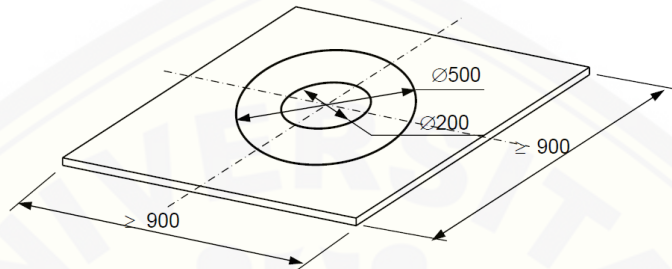
Uji *slump cone* dan T500 bertujuan untuk mengetahui kemampuan beton dalam mengisi ruang (*filling ability*) dan uji T500 bertujuan untuk mengetahui waktu pengaliran beton SCC. Pengujian menggunakan slump cone beton scc berbeda dengan pengujian pada beton biasa. Pada pengujian beton scc *slump cone* digunakan secara terbalik sehingga diameter kecil terletak pada bagian bawah dan diameter besar terletak pada bagian atas dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 2.4 Slump cone
(Sumber : (Risdianto, 2010))

Kategori beton scc dikatakan masuk dalam syarat *filling ability* yang baik apabila memenuhi batasan pada alat uji slump cone dan

T500. Batasan pada uji *slump cone* yaitu campuran beton dikategorikan sebagai beton SCC apabila beton mampu mencapai diameter 50 cm dalam kurun waktu kurang dari 6 detik, apabila lebih dari 6 detik maka beton bukan kategori SCC.

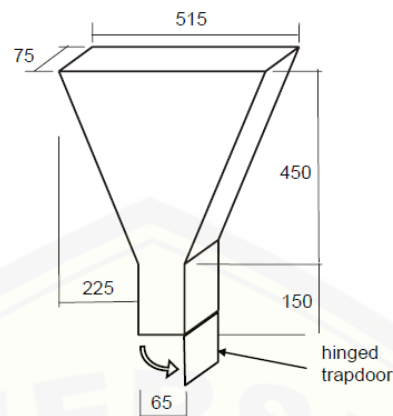


Gambar 2.5 Baseplate
(Sumber : (EFNARC, 2005))

2.7.2 V- Funnel Test

Pengujian *V-Funnel Test* berfungsi untuk mengetahui *flowabilitas* dan *filling ability* pada beton SCC. Pengujian pada *V-Funnel test* juga berfungsi untuk mengetahui kemampuan campuran beton dalam menahan segregasi, selain itu pengujian ini juga dapat mengetahui campuran komposisi agregat kasar dengan melihat lamanya beton mengalir pada saat di uji *V-Funnel Test*.

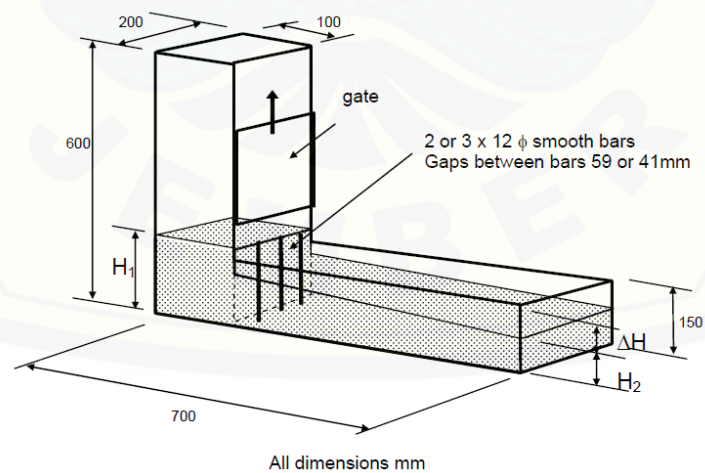
Prosedur pengujian *V-Funnel tes* adalah dengan memasukkan beton pada *V-Funnel Test* dengan kondisi *gate* bawah tertutup, setelah itu *gate* bagian bawah dibuka dan dihitung waktu beton mengalir dalam *V-Funnel Test*. Beton dikategorikan SCC apabila waktu capai aliran beton 8-12 detik mulai dari *gate* bawah dibuka.



Gambar 2.6 V-Funnel test
(Sumber : (EFNARC, 2005))

2.7.3 L- Shape Box

L-Shape box merupakan alat uji *slump test* yang digunakan untuk mengetahui kemampuan beton dalam melawati celah ketat pada sebuah ruang atau disebut *passing ability*. Alat ini berbentuk L dan terbuat dari plat besi. Beton dikategorikan SCC apabila mampu melalui batasan pada *L-Shape Box* yaitu $H_2/H_1 > 0,8$.



Gambar 2.7 L-Shape box
(Sumber : (EFNARC, 2005))

2.8 Pengujian Sifat Mekanik Beton

Pengujian sifat mekanik yang akan dibahas pada tinjauan pustaka ini adalah pengujian sifat mekanik tekan dan tarik belah beton.

2.8.1 Kuat Tekan Beton

SNI 1974 : 2011 digunakan sebagai acuan dalam menguji kuat tekan beton pada benda uji berbentuk silinder. Perhitungan kuat tekan beton dihitung dengan persamaan :

$$\text{Kuat Tekan Beton (F'c)} = \frac{P}{A}$$

Dengan pengertian : (2.1)

Kuat tekan dinyatakan dalam N/mm^2 atau MPa

P = kuat gaya tekan aksial (N)

A = area penampang melintang benda uji (mm^2)

2.8.2 Kuat Tarik Belah Beton

SNI 03-2491-2002 digunakan sebagai acuan dalam melakukan pengujian kuat tarik belah pada beton. Perhitungan kuat Tarik belah beton dihitung dengan persamaan :

$$\text{Kuat Tarik belah (Fct)} = \frac{2P}{\pi LD}$$

Dengan pengertian : (2.2)

Kuat Tarik belah dinyatakan dalam satuan MPa

P = beban uji maksimum (N)

L = panjang benda uji (mm)

D = diameter benda uji (mm)

2.9 Analisis Data Statistika

Analisis data primer dapat dilakukan dengan pendekatan statistika salah satunya dengan analisis korelasi sederhana dan analisis regresi linier sederhana. Kedua analisis tersebut digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel X dan Variabel Y. Variabel X diartikan sebagai variabel bebas/*independent*, sedangkan variabel Y diartikan sebagai variabel terikat/*dependent*. Proses

analisa data dimulai dengan mengolah data pada tabel kemudian melakukan analisis korelasi koefisien sederhana dan analisis regresi linier.

2.9.1 Standar Deviasi

Standar deviasi adalah nilai statistik yang digunakan untuk menentukan sebaran data dalam suatu sampel. Standar deviasi yang rendah menyatakan bahwa sebaran data mendekati nilai rata-rata. Berikut persamaan standar deviasi:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \mu)^2}{N}} \quad (2.3)$$

2.9.2 Analisis Koefisien Korelasi Sederhana

Analisis korelasi sederhana adalah cara untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat. Korelasi yang terjadi antara dua variabel dapat berupa korelasi positif, negatif, sempurna, maupun tidak ada korelasi. Penentuan korelasi tersebut ditinjau dengan melihat hubungan antar variabel. Menurut Iqbal Hasan (2001) penentuan hubungan koefisien korelasi sederhana dapat dilakukan dengan table korelasi, koefisien korelasi *pearson* dan koefisien korelasi penentu dengan keeratan hubungan antar variabel tersebut diberikan nilai dari koefisien korelasi (KK) sebagai sebagai berikut:

1. Koefisien Korelasi = 0, tidak ada korelasi
2. $0 < \text{Koefisien Korelasi} \leq 0.20$, korelasi sangat rendah/lemah
3. $0.2 < \text{Koefisien Korelasi} \leq 0.40$, korelasi rendah/lemah tapi pasti
4. $0.40 < \text{Koefisien Korelasi} \leq 1$, korelasi yang cukup berarti
5. $0.70 < \text{Koefisien Korelasi} \leq 0.9$, korelasi yang tinggi, kuat
6. $0.90 < \text{Koefisien Korelasi} \leq 1$, korelasi sangat tinggi, kuat sekali, dapat diandalkan
7. Koefisien Korelasi = 1, korelasi sempurna.

a) Koefisien Korelasi Pearson

Koefisien korelasi *pearson* adalah indeks yang digunakan untuk menentukan keeratan hubungan antara dua variabel. Perhitungan korelasi *pearson* dapat dihitung dengan metode *product moment* sebagai berikut :

$$r = \frac{\Sigma xy}{\sqrt{\Sigma x^2 \cdot \Sigma y^2}}$$

Keterangan: (2.4)

r = Koefisien korelasi

x = deviasi rata-rata variabel x

$$= X - \underline{X}$$

y = deviasi rata-rata y

$$= Y - \underline{Y}$$

b) Koefisien Penentu

Koefisien penentu digunakan untuk menjelaskan seberapa besar pengaruh variabel bebas (X) terhadap naik turunnya variabel terikat (Y). Koefisien penentu (KP) ditentukan dengan persentase, dimana semakin nilai KP mendekati 100% maka artinya variabel bebas sangat mempengaruhi variabel terikat. Koefisien penentu dapat dihitung sebagai berikut:

Jika koefisien korelasi adalah koefisien korelasi Pearson (r) maka koefisien penentunya :

$$KP = R^2 = r^2 \times 100\%$$

Koefien penentu (KP) dalam bentuk rumus:

$$KP = \frac{(n)\Sigma XY - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{[(n)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2][(n)(\Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2]}$$

(2.5)

2.9.3 Analisis Regresi Linier

Regresi merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengukur ada atau tidaknya korelasi antar variabel. Regresi dapat juga digunakan untuk peramalan atau perkiraan nilai variabel bebas dan terikat. Perhitungan pada regresi linier sederhana hanya terdiri dari dua variabel yaitu variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y). Berikut persamaan perhitungan analisis regresi linier:

1. Persamaan regresi linear dari Y terhadap X

$$Y = a + bX$$

Keterangan:

Y = variabel terikat

X = variabel bebas

a = intersep

b = koefisien regresi/slop (2.6)

2. Mencari nilai intersep (a) dan koefisien regresi (b)

$$a = \frac{(\Sigma Y)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)(\Sigma XY)}{(n)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2} \quad (2.7)$$

$$b = \frac{(n)(\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{(n)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2} \quad (2.8)$$

2.9.4 Analisis Regresi Non Linier Parabolic

Regresi non linier adalah regresi dengan variabel yang berpangkat. Salah satu bentuk regresi non linier adalah regresi parabola. Regresi kuadratis adalah regresi dengan variabel berpangkat

dua, selain itu juga terdapat regresi cubic dengan variabel berpangkat tiga Bentuk regresi non linier parabolic adalah sebagai berikut:

$$Y = a + bX + cX^2$$

Keterangan:

Y = variabel terikat

X = variabel bebas

a,b,c = Konstanta

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu pada penelitian ini mengacu dari beberapa jurnal. Jurnal yang dijadikan referensi pada penelitian ini dapat diklasifikasikan jurnal pada beton geopolimer dan jurnal mengenai *viscosity modifying admixture* (VMA).

2.10.1 Penelitian Terdahulu Beton *Geopolimer*

Penelitian Zhang Hongen, dkk (2019) mengenai pengaruh penambahan cairan terhadap *fly ash* (L/H) konsentrasi natrium hidroksida (SHC), dan pengaruh larutan natrium silikat terhadap natrium hidroksida (SS/SH) terhadap kuat tekan jangka Panjang pada beton *geopolimer* rendah kalsium. Hasil dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa penambahan konsentrasi NaOH dan rasio SS/SH dapat meningkatkan kuat tekan beton *geopolimer* jangka Panjang. Kekuatan beton pada umur 480 hari meningkat seiring dengan peningkatan penggunaan Si/AL pada rasio 1,87.

Penelitian Wallah, S.E (2010) mengenai pengaruh *creep* pada beton *geopolimer* berbahan dasar *fly ash*. Hasil dari penelitian ini menyebutkan bahwa perilaku *creep* pada beton *geopolimer* berbahan dasar *fly ash* lebih kecil daripada beton dengan semen OPC. Dari hasil pengujian kuat tekan didapatkan hasil bahwa *creep* mengalami penyusutan seiring dengan

bertambahnya kuat tekan beton. Kuat tekan beton pada penelitian ini mencapai 67 MPa dengan koefisien creep 0,4-0,5.

Penelitian M.Olivia dan H Nikraz (2013) mengenai pengaruh curing siklik basah pada beton *geopolimer* terhadap sifat mekanik tekan, porositas dan berat beton. Hasil dari penelitian ini adalah beton *geopolimer* tidak mengalami penurunan kuat tekan pada pengaruh siklik dalam peredaman kontinu sedangkan beton OPC mengalami penurunan kuat tekan hal tersebut terjadi karena proses kristalisasi pada beton *geopolimer* lebih cepat dari beton OPC. Pada pengujian porositas didapatkan kesimpulan bahwa tidak ada perubahan yang signifikan terhadap porositas pada beton *geopolimer* dan beton *geopolimer* mengalami perubahan berat marginal.

Penelitian Indrayani, dkk (2019) mengenai penggunaan *fly ash* terhadap beton *geopolimer* ramah lingkungan. Penelitian ini membandingkan kuat tekan beton normal dan beton *geopolimer*. Hasil pengujian kuat tekan beton *geopolimer* meningkat pada campuran alkali dengan perbandingan natrium hidroksida dan sodium silikat sebesar 5:1. Kuat tekan yang didapatkan sebesar 232,2 kg/cm² dengan peningkatan kuat tekan sebesar 41,2%.

Penelitian Wijaya, Arief (2018) mengenai pengaruh penambahan *superplasticizer* beton *geopolimer* berbahan dasar NaOH 14M terhadap kuat tekan dan porositas beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SP dapat meningkatkan kuat tekan dengan nilai rata-rata 12,49 MPa pada usia 28 hari serta hasil porositas menunjukkan bahwa SP tidak menurunkan nilai porositas pada beton.

Penelitian Triwulan dan Ekaputri (2013) mengenai substitusi pengganti *fly ash* pada beton *geopolimer*. Hasil penelitian menyebutkan bahwa sifat mekanik beton dipengaruhi oleh konsentrasi NaOH, perbandingan Na₂SiO₃, terhadap larutan

NaOH dan penyusun binder. Selain itu penggunaan lumpur sidoarjo sebagai substitusi fly ash lebih efektif menggunakan lumpur sidoarjo bakar karena lumpur sidoarjo bakar dapat bereaksi secara langsung dengan activator begitu juga dengan trass.

Penelitian mengenai penggunaan *superplasticizer* pada beton *geopolimer* memadat sendiri telah dilakukan oleh Albab (2019) dan Perkasa (2020). Penelitian Albab (2019) menggunakan variasi *superplasticizer* sebesar 0%, 1%, 1.5%, dan 2% dengan molaritas optimum pada 14M. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kuat tekan optimum diperoleh pada persentase *superplasticizer* sebesar 2% (Albab, 2019). Penelitian selanjutnya milik Perkasa (2020) merupakan penelitian lanjutan dari Albab (2019). Penelitian Perkasa (2020) menggunakan persentase *superplasticizer* sebesar 2%, 2.5%, 3%, dan 3.5%. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa kuat tekan optimum tercapai pada persentase *superplasticizer* sebesar 2.5% dengan molaritas sebesar 14M.

2.10.2 Penelitian Penggunaan *Viscosity Modifying Admixture* (VMA)

Penelitian Andreas,dkk (2018) mengenai penambahan *Viscosity Modifying Admixture* (VMA) pada beton dan mortar rendah semen. Hasil dari penelitian ini Kuat tekan mortar dengan w/c 0.35 yang semula sebesar 73.73 MPa meningkat hingga 81.33, sedangkan pada w/c 0.7 terjadi peningkatan dari 26.73 MPa ke 33.58 pada umur 28 hari. Pada kuat tekan beton terdapat peningkatan pada w/c 0.5 dari yang semula 18.68 MPa menjadi 22.93 MPa.

Penelitian Djwantoro, dkk (2015) mengenai penambahan *Viscosity Modifying Admixture* (VMA) pada beton scc. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan VMA pada beton dan

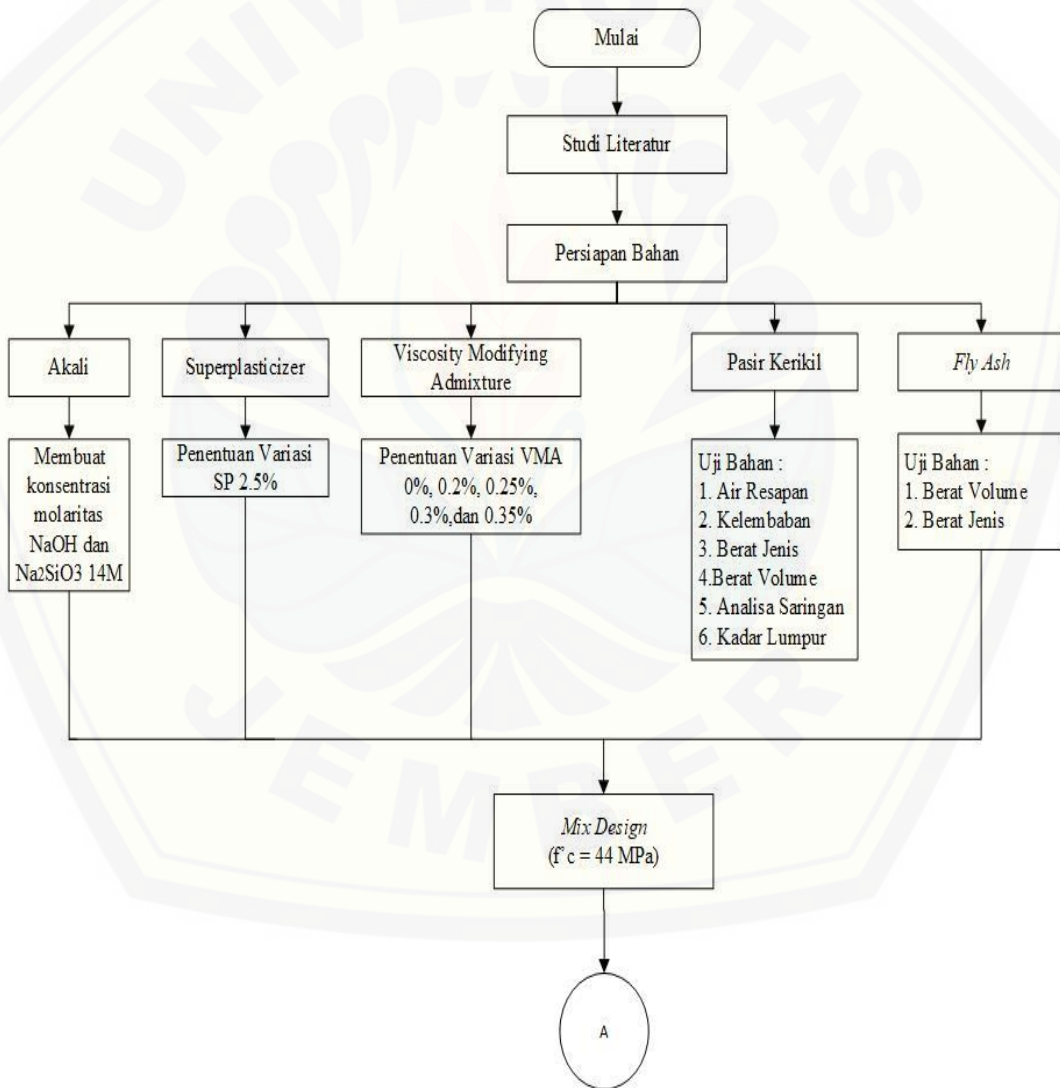
mortar rendah semen dapat meningkatkan kuat tekan dan slump flow. Kuat tekan yang diperoleh mortar meningkat hingga 82.8 MPa, sedangkan pada beton meningkat dari 46.5 MPa ke 56 MPa.

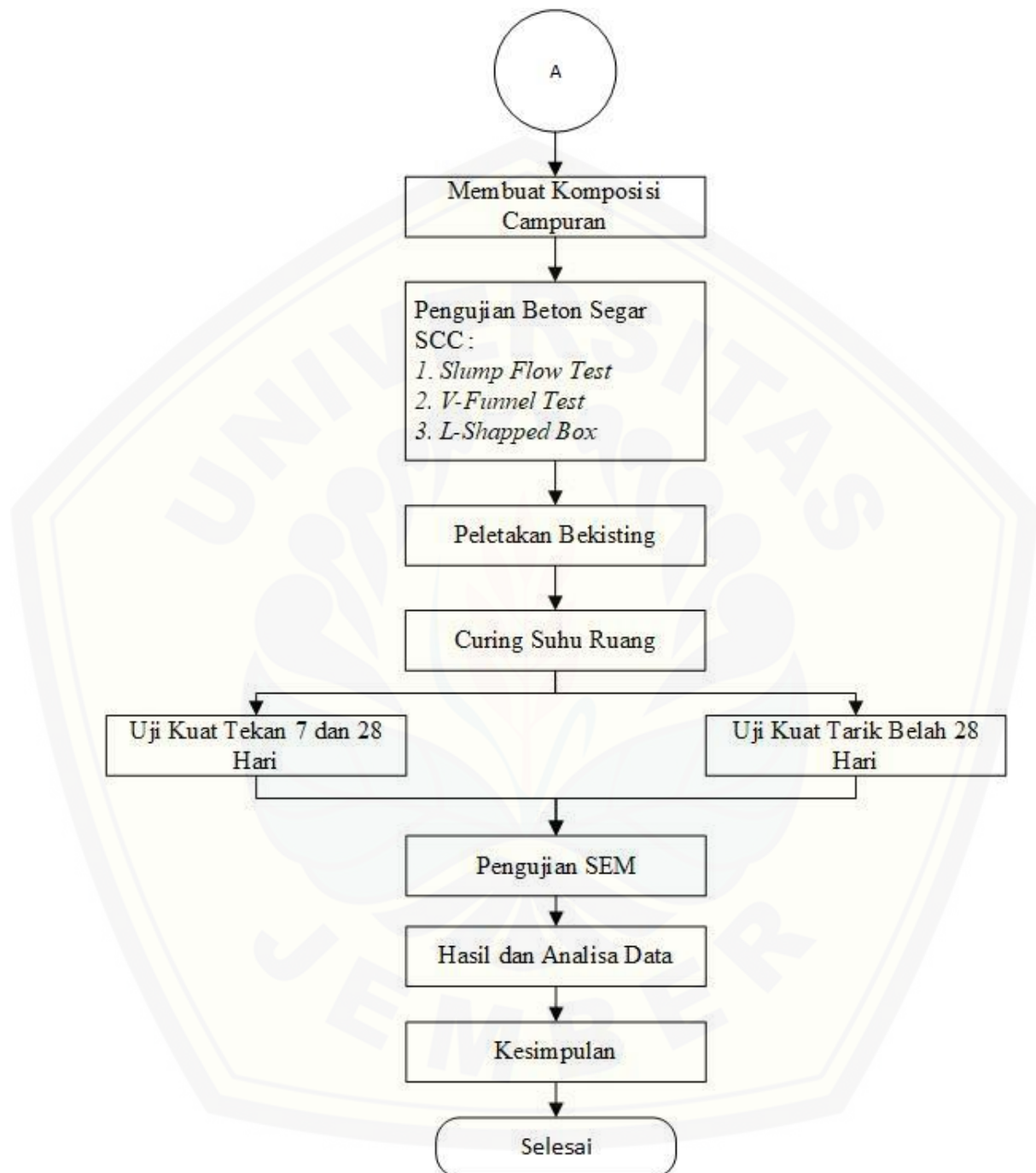
Penelitian Piekarczyk, Beata (2013) mengenai penambahan tipe vma pada beton scc. Hasil penelitian ini menyebutkan bahwa penggunaan VMA dapat mereduksi nilai porositas pada beton HPSCC. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa VMA tipe 2 dengan kandungan silika mampu mengurangi pori pada beton sedangkan pada tipe 3 dapat meningkatkan pori pada beton. Selain itu, penggunaan kombinasi VMA dan SP sangat diperlukan untuk menyeimbangkan karakteristik beton.

Penelitian Wang, Shaofeng (2016) mengenai penambahan VMA jenis *cellulose hydroxypropyl methyl ether hypromellose* terhadap absorpsi dan rheologi pasta semen. Hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa kemampuan penyerapan air pada VMA jenis Cellulose hydroxypropyl methyl ether hypromellose lebih baik daripada VMA jenis *eter selulosa*. Selain itu, penggunaan VMA jenis ini dapat meningkatkan tegangan luluh pasta semen dan viskositas sehingga mampu meningkatkan kinerja beton.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini adalah studi experimental. Studi experimental ini dilakukan dengan melakukan percobaan *trial and error* dengan acuan penelitian sebelumnya. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan *viscosity modifying admixture* terhadap rheologi yang berupa *bleeding*, segregasi, dan workability serta sifat mekanik beton *geopolimer SCC*. Metodologi penelitian pada tugas akhir diuraikan dalam diagram alir berikut:





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Universitas Jember. Tahap pengerjaan proposal dimulai pada bulan Mei hingga Agustus 2020, serta pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Agustus hingga November 2020.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang dilakukan dikelompokkan menjadi dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat.

3.2.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi variabel lain. Variabel bebas pada penelitian ini adalah *viscosity modifying admixture*.

3.2.2 Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan dan mempengaruhi variabel *dependen*/terikat. Variabel Kontrol pada penelitian ini adalah molaritas alkali aktivator 14M, *curing*, *fly ash*, dan *superplasticizer*.

3.2.3 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang mendapat pengaruh dari variabel lain. Variabel terikat pada penelitian ini adalah sifat *rheologi* beton segar, kuat tekan beton umur 7 dan 28 hari dengan f_c sebesar 44 MPa, dan kuat tarik belah pada beton umur 28 hari.

3.3. Persiapan Bahan

Persiapan bahan pada penelitian ini meliputi *fly ash*, *superplasticizer*, *viscosity modifying admixture*, dan alkali.

3.3.1 Fly Ash

Prekursor yang digunakan pada penelitian ini adalah *fly ash* yang berasal dari hasil limbah pembakaran batu bara di PLTU Paiton. Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa hasil pengujian XRF dan LOI *fly ash* dari PLTU Paiton tergolong *fly ash* jenis F (Yasin, 2017).

Tabel 3.1 Kandungan kimia *fly ash* berdasarkan hasil XRF dan LOI

Oksida	%	% Aktiv	%T.Aktiv
SiO ₂	36,650	18,002	18,648
Al ₂ O ₃	13,740	6,749	6,991
Fe ₂ O ₃	23,140	11,366	11,774
CaO	15,330	15,330	0,000
Na ₂ O	1,960	0,963	0,997
K ₂ O	1,100	0,540	0,560
TiO ₂	0,709	0,348	0,361
MgO	5,790	5,790	0,000
P ₂ O ₃	0,213	0,105	0,108
SO ₃	1,080	0,530	0,550
MnO	0,186	0,091	0,095
Oksida Lain	0,102	0,050	0,052
LOI	0,686		

Sumber : (Yasin, 2017)

3.3.2 Superplasticizer

Superplasticizer yang digunakan adalah jenis Sika - Viscocrete 3115 N sebagai bahan untuk mengurangi faktor air semen. Pada penelitian sebelumnya digunakan variasi 0%, 1%, 1.5 %, 2% dan 2.5% dengan nilai optimum terletak pada variasi superplasticizer sebesar 2.5% (Perkasa, 2020). Pada penelitian ini digunakan superplasticizer dengan komposisi sebesar 2.5% dengan mengacu penelitian dari Perkasa (2020).

3.3.3 Viscosity Modifying Admixture

Viscosity Modifying Admixture (VMA) pada penelitian ini adalah jenis Sika – Stabilizer 4R yang berfungsi untuk memperbaiki sifat rheologi beton (*segregasi dan bleeding*). Pemilihan persentase VMA yang dipilih didasarkan oleh Efnarc (2006), penelitian Andreas dkk., (2018) dan penelitian Pangestu dkk. (2015). Menurut Efnarc (2006) penggunaan VMA yang digunakan berkisar dari 0.1% hingga 1.5% dari berat semen. Menurut penelitian Andreas dkk., (2018) dengan variasi VMA pada beton dan mortar rendah semen sebesar 0%, 0.28%, 0.3%, 0.325%, 0.35%, dan 0.4% didapatkan kuat tekan sebesar 22.93 MPa dengan nilai optimum VMA sebesar 0.35% (Andreas dkk., 2018). Menurut penelitian Pangestu dkk., penggunaan VMA pada beton SCC dengan persentase VMA sebesar 0.192% dan SP 1.3% didapatkan kuat tekan 56 MPa, sedangkan pada beton SCC tanpa VMA didapatkan kuat tekan sebesar 46.5 MPa. Atas dasar penelitian tersebut, maka pada penelitian ini menggunakan variabel VMA sebesar 0%, 0.2%, 0.25%, 0.3%, dan 0.35% pada beton *geopolimer*. Pemilihan variabel 0% dijadikan sebagai kontrol dalam penelitian ini, sedangkan pemilihan variabel 0.2% hingga 0.35% diambil dengan mengacu pada penelitian sebelumnya.

3.3.4 Alkali Aktivator

Alkali aktivator yang dipakai pada penelitian ini yaitu natrium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat (Na_2SiO_3). Menurut penelitian Januarti Ekaputri (2013) konsentrasi molaritas 14M dengan rasio perbandingan NaOH dan Na_2SiO_3 sebesar 1 hingga 2.5 dapat mencapai kuat tekan tertinggi sebesar 51.3 MPa pada beton geopolimer. Penelitian Perkasa (2020) mengenai penggunaan *superplasticizer* pada beton geopolimer dimana digunakan molaritas 14 M dengan perbandingan NaOH dan Na_2SiO_3 sebesar 1 : 2.5 didapatkan kuat tekan rata-rata 57.9 MPa pada persentase *superplasticizer* sebesar 2.5%.

Berdasarkan 2 penelitian tersebut maka komposisi alkali aktivator pada penelitian ini dipakai molaritas sebesar 14M dengan perbandingan NaOH dan Na₂SiO₃ sebesar 1:2.5 dimana persentase yang diambil meneruskan penelitian milik Perkasa (2020) pada beton geopolimer SCC dengan mengacu pada penelitian Januarti Ekaputri (2013) pada beton geopolimer.

Bentuk natrium hidroksida berupa serpihan padat, sehingga harus natrium hidroksida dibuat menjadi larutan terlebih dahulu. Cara membuat 1 liter larutan NaOH 14M adalah sebagai berikut :

- a. Alat yang digunakan
 - Alat pengaduk
 - Labu volume 1 liter
 - Timbangan digital
- b. Bahan yang diperlukan
 - Serpihan natrium hidroksida (NaOH)
 - Aquades murni
- c. Langkah kerja
 1. Menghitung kebutuhan natrium hidroksida yang digunakan
$$\begin{aligned}n &= V \times M \\ &= 1 \text{ liter} \times 14 \\ &= 14 \text{ mol}\end{aligned}$$
Dimana :
 - n = jumlah mol zat yang terlarut dalam 1 liter air
 - V = volume larutan
 - M = molaritas larutan

Dengan nilai Mr NaOH = 40 (penjumlahan senyawa Ar dari unsur senyawa Na=23, O=16, H=1), maka massa yang diperlukan untuk larutan NaOH 14 M sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Massa Natrium Hidroksida} &= n \text{ mol} \times \text{Mr} \\ &= 14 \text{ mol} \times 40 \text{ gram/mol} \\ &= 560 \text{ gram}\end{aligned}$$

2. Menimbang padatan natrium hidroksida sebesar 560 gram.
3. Memasukkan aquades pada gelas ukur hingga volumenya 1 liter.
4. Aduk campuran hingga natrium hidroksida menyatu dengan aquades
5. Diamkan selama 24 jam.
6. Menambahkan kebutuhan Na_2SiO_3 sesuai dengan komposisi yang direncanakan.

3.4 Pengujian Material

Pengujian material ini dilakukan pada agregat dan *fly ash*. Pengujian agregat dilakukan pada agregat halus dan kasar, sedangkan pengujian *fly ash* diujikan pada *fly ash* kelas F dari PLTU Paiton.

3.4.1 Agregat Halus (Pasir)

Pasir (agregat halus) diuji untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari agregat halus yang digunakan dalam pembuatan beton *geopolimer*. Pengujian agregat halus meliputi berat jenis pasir, berat volume pasir, kadar resapan pasir, kelembaban pasir, analisa saringan pasir, dan kadar lumpur pasir.

3.4.2 Agregat Kasar (Kerikil)

Pengujian agregat Kasar (Kerikil) bertujuan untuk mengetahui sifat dan karakteristik dari agregat yang digunakan dalam pembuatan beton *geopolimer*. Pengujian agregat halus meliputi berat jenis kerikil, berat volume kerikil, kadar resapan kerikil, kelembaban kerikil, dan kadar kerikil.

3.4.3 Semen *Geopolimer (Fly Ash)*

Pengujian semen *geopolimer (fly ash)* dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik yang digunakan dalam pembuatan

beton *geopolimer*. Pengujian semen *geopolimer (fly ash)* meliputi berat jenis dan berat volume *fly ash*.

3.5 Komposisi Campuran

Penelitian ini menggunakan 1 buah variabel campuran yaitu *viscosity modifying admixture (VMA)* dengan benda uji berbentuk silinder berukuran 15 x 30 cm. Komposisi campuran tersebut yaitu VMA dengan persentase 0%, 0.2%, 0.25%, 0.3%, dan 0.35%. *Mix design* dalam campuran ini mengacu pada jurnal internasional Pavithra dkk. (2016) mengenai *mix design* pada beton *geopolimer* berbahan dasar *fly ash*.

3.5.1 Kebutuhan Benda Uji

Benda uji berbentuk silinder ukuran 15 cm x 30 cm digunakan pada penelitian ini dengan pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik belah. Komposisi alkali aktivator yang digunakan sebesar 14M dengan perbandingan massa NaOH dan Na₂SiO₃ 1:2.5 dengan kadar *fly ash* 100%. *Variasi viscosity modifying admixture* yang digunakan pada penelitian ini sebesar 0 %, 0.2%, 0.25%, 0,3% dan 0.35%, sedangkan *superplasticizer* yang digunakan sebesar 2.5% dari berat semen. *Curing* dilakukan pada suhu ruang. Komposisi campuran tersebut diuraikan tabel 3.3 dan tabel 3.4 berikut:

Tabel 3 2 Komposisi benda uji beton *geopolimer* untuk pengujian kuat tekan beton

NO	KOMPOSISI	VISCOCRETE	VMA	7 HARI	28 HARI
1	Geo 1	2.5%	0%	3	3
2	Geo 2	2.5%	0.2%	3	3
3	Geo 3	2.5%	0.25%	3	3
4	Geo 4	2.5%	0.3%	3	3
5	Geo 5	2.5%	0.35%	3	3
Total Benda Uji				15	15

Tabel 3.3 Komposisi benda uji beton geopolimer untuk pengujian kuat tarik belah beton

No	Komposisi	Viscocrete	VMA	28 Hari
1	Geo 1	2.5%	0%	3
2	Geo 2	2.5%	0.2%	3
3	Geo 3	2.5%	0.25%	3
4	Geo 4	2.5%	0.3%	3
5	Geo 5	2.5%	0.35%	3
Total Benda Uji				15

3.6 Metode Pembuatan Benda Uji

Metode pembuatan benda uji terdiri dari tiga tahapan yaitu persiapan alat, persiapan bahan, dan pembuatan campuran beton. Pengujian sifat mekanik beton menggunakan benda uji berbentuk silinder berukuran 15 x 30 cm untuk pengujian kuat tekan dan tarik belah. Total sampel penelitian ini sebesar 45 buah.

3.6.1 Peralatan

Peralatan yang diperlukan pada pembuatan sampel diuraikan sebagai berikut :

- a) Loyang atau cawan
- b) Timbangan digital
- c) Ayakan No.200
- d) Oven
- e) Timba
- f) *Stopwatch*
- g) Cetakan benda uji ukuran 15 x 30 cm
- h) *Slump cone*
- i) L-shaped box
- j) V-Funnel Test

3.6.2 Bahan

Bahan yang diperlukan pada pembuatan sampel diuraikan sebagai berikut :

- a) Agregat batu pecah
- b) *Fly ash*
- c) Cairan sodium hidroksida (NaOH)
- d) Cairan sodium silikat (Na₂SiO₃)
- e) Pasir zona 2
- f) Aquades (H₂O)
- g) Superplasticizer sika viscocrete 3115N
- h) *Viscosity modifying admixture* sika stabilizer 4R

3.6.3 Prosedur Pembuatan

Prosedur pembuatan benda uji diuraikan sebagai berikut:

1. Siapkan cairan NaOH yang sudah dilarutkan, kemudian ukur sesuai komposisi yang sudah ditetapkan.
2. Siapkan cairan Na₂SiO₃, kemudian ukur sesuai kebutuhan pengujian.
3. Siapkan cairan *viscosity modifying admixture*, kemudian ukur sesuai variasi dari setiap pengujian.
4. Siapkan cairan *superplasticizer*, kemudian ukur sesuai dengan kebutuhan pengujian.
5. Campurkan NaOH dan Na₂SiO₃ untuk membentuk campuran alkalin.
6. Campurkan *superplasticizer* dengan air.
7. Campurkan *Viscosity Modifying Admixture* dengan air.
8. Campurkan hasil campuran *superplasticizer*, *Viscosity Modifying Admixture* dan air pada larutan alkalin hingga menjadi homogen.
9. Campurkan *fly ash*, agregat kasar, agregat halus pada molen.
10. Campurkan hasil campuran larutan alkali dan *admixture* pada *fly ash*, agregat kasar, dan agregat halus.

11. Setelah semua bahan tercampur, aduk seluruh campuran selama ± 10 menit hingga campuran menjadi homogen.

3.7 Pengujian Beton Geopolimer SCC

Menurut EFNARC (2005) uji slump pada beton *self compacting concrete* (SCC) meliputi pengujian *filling ability* pada slump cone, *pengujian flowability dan filling ability* pada V Funnel test, dan pengujian *passing ability* pada *L Box test*.

3.7.1 Slump Flow Test

Alat yang digunakan pada pengujian *slump flow test* yaitu slump cone. Menurut EFNARC antara 55 cm sampai 85 cm. Prosedur pengujian slump flow test sebagai berikut :

1. *Slump cone* diletakkan dengan posisi diameter terkecil diletakkan pada posisi bawah dan di bagian dasar slump cone diberi papan dasar yang sudah diberi batasan diameter *flow* sebesar 50 cm.
2. Campuran beton dimasukkan dalam *slump cone* hingga penuh tanpa dirojok.
3. Setelah campuran masuk dalam *slump cone*, kemudian angkat *slump cone* secara perlahan dan siapkan stopwatch.
4. Waktu yang diperlukan aliran beton dicatat ketika *flow* beton mencapai diameter 50 cm dengan batasan waktu 2 – 6 detik.
5. Diameter maksimum yang dicapai aliran beton 55-85 cm.

3.7.2 L-Shaped Box

Pengujian *L-Shaped Box* bertujuan untuk mengetahui nilai *passing ability* pada beton. Menurut EFNARC (2005) *passing ability* (PA) yang disyaratkan yaitu ≥ 0.8 . Nilai *passing ability* (PA) yang digunakan pada penelitian ini berkisar 0.8 – 1.0 dengan prosedur pengujian *L-Shaped Box* sebagai berikut :

1. Sekat penutup *L-Shaped Box* ditutup.
2. Campuran beton diisikan pada arah vertikal hingga penuh.

3. Sekat penutup ditarik ke atas sampai terbuka sehingga campuran beton mengalir secara horizontal.
4. Kemudian cek perbedaan tinggi aliran beton arah horizontal.

3.7.3 V-Funnel Test

Pengujian pada *V-Funnel test* juga berfungsi untuk mengetahui kemampuan campuran beton dalam menahan *segregasi*, selain itu pengujian ini juga dapat mengetahui campuran komposisi agregat kasar dengan melihat lamanya beton mengalir pada saat di uji *V-Funnel Test*. Prosedur pengujian *V-Funnel test* adalah sebagai berikut

1. Tutup bagian bawah *V-Funnel Test*.
2. Isikan campuran beton pada *V-Funnel test* hingga penuh.
3. Buka penutup bagian bawah beton hingga campuran beton mulai mengalir.
4. Catat lama waktu beton mengalir hingga *V-funnel test* kosong.

3.8 Perawatan Beton (*Curing*)

Perawatan dalam penelitian ini menggunakan perawatan (*curing*) suhu ruang. *Curing* ini dilakukan untuk mencegah terjadinya hidrasi berlebih pada beton.

3.9 Tes Kuat Tekan Beton *Geopolimer SCC*

Sifat mekanik tekan beton merupakan salah satu sifat mekanis beton. Pengujian sifat mekanik tekan dilakukan dengan menggunakan alat *compression testing machine* beton Pada penelitian ini digunakan tes kuat tekan beton pada umur 7 dan 28 hari. Setiap pengujian yang dilakukan terdiri dari 3 benda uji dari setiap komposisi *viscosity modifying admixture* dengan total kebutuhan benda uji sejumlah 30 buah benda uji. Tes kuat tekan dilakukan di laboratorium Universitas Jember. Perhitungan sifat mekanik tekan beton dihitung dengan persamaan (2.1)

3.10 Tes Kuat Tarik Belah Beton Geopolimer

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan alat uji kuat tekan beton. Sifat mekanik tarik belah beton diuji pada umur beton 28 hari dengan menggunakan alat *compression testing machine*. Setiap pengujian yang dilakukan terdiri dari 3 benda uji dari setiap komposisi *viscosity modifying admixture* dengan total benda uji sebanyak 15 buah. Perhitungan nilai kuat tarik belah dihitung menggunakan persamaan (2.2).

3.11 Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning electron microscope (SEM) merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan batas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan benda uji yang dianalisis. SEM digunakan untuk menganalisa permukaan material. SEM menggunakan prinsip *scanning* dengan mengarahkan berkas elektron dari satu titik ke titik yang lain.

3.12 Analisa Data

Data pada penelitian ini disajikan hasil pengujian dari sifat rheologi, kuat tekan, kuat tarik belah beton dari masing-masing VMA yang digunakan. Pengujian mengenai sifat rheologi pada beton disajikan dalam bentuk tabel dari masing masing pengujian yaitu *v- funnel*, *l shape box*, dan *slump cone*. Analisis data pada uji kuat tekan dan tarik belah pada penelitian ini menggunakan pendekatan analisis statistik regresi dimana variabel bebas (X) adalah persentase VMA, sedangkan variabel terikat (Y) adalah sifat mekanik tekan dan sifat mekanik tarik belah. Selain itu, korelasi mengenai pengaruh VMA pada sifat mekanik tekan dan tarik belah disajikan dalam bentuk diagram *scatter* dan tabel dengan analisa koefisien korelasi sederhana menggunakan metode *product moment*.

BAB 5. PENUTUP

Bab penutup pada penelitian ini menjabarkan mengenai kesimpulan dan saran dari penelitian. Pokok bahasan dalam kesimpulan dan saran berikut berisi mengenai analisa pengaruh penambahan *viscosity modifying admixture* terhadap *rheologi* dan sifat mekanik beton geopolimer SCC.

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan hasil penelitian dan analisa adalah sebagai berikut:

1. Penambahan *viscosity modifying admixture* memiliki pengaruh terhadap sifat rheologi beton geopolimer SCC. Penggunaan VMA terhadap beton geopolimer SCC menghasilkan campuran yang homogen, tidak mengalami *segregasi* dan *bleeding*, serta tidak meningkatkan *workability* pada beton.
2. Penggunaan VMA memiliki pengaruh terhadap sifat mekanik beton geopolimer SCC. Persentase optimum VMA sebesar 0.3% menghasilkan nilai sifat mekanik tekan umur 7 hari tertinggi sebesar 29.16 MPa, sifat mekanik tekan umur 28 hari tertinggi sebesar 48.5 MPa, sifat mekanik tarik belah 28 hari tertinggi sebesar 2.78 MPa.

5.2 Saran

Saran yang diberikan pada penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan analisa mengenai perkembangan kuat tekan pada beton geopolimer dibandingkan dengan beton normal, hal tersebut agar dapat digunakan sebagai acuan dalam memprediksi kuat tekan beton di setiap umur pengujian.
2. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengujian hubungan antara penambahan *viscosity modifying admixture* dengan *superplasticizer* untuk mengetahui pengaruh penambahan VMA terhadap pengikatan campuran terhadap beton geopolimer yang menggunakan substitusi bahan selain *fly ash*.

3. Penelitian selanjutnya dapat melakukan *curing* dengan menggunakan oven pada suhu 70°C selama 24 hingga 96 jam agar didapatkan hasil kuat tekan yang lebih baik (Ahmed Fareed dkk., 2011) .
4. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengujian mengenai *viscometer* dan yield stress pada campuran beton geopolimer dalam kondisi basah. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan *viscosity modifying admixture* terhadap viskositas dan titik leleh pada beton.
5. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengujian *segregation resistance* untuk mengetahui rasio segregasi dalam campuran basah beton geopolimer.
6. Pada penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengujian vma pada variasi 0.25% hingga 0.3% untuk mencari kadar optimum penggunaan VMA pada beton geopolimer SCC.
7. Perlu dilakukan pengujian *durabilitas* beton untuk mengetahui pengaruh stabilizer pada penggunaan *viscosity modifying admixture*.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 232. 2002. *Use Of Fly Ash in Concrete*. Farminton Hills : American Concrete Institute 232-2R
- Albab, Ahmad U. 2019. Pengaruh Penambahan Kadar Superplasticizer Terhadap Karakteristik *Geopolimer SCC*. *Skripsi*. Jember : Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Jember.
- Andreas, Antoni, Christian, E., & Hardjito, D. (2018). Pengaruh Penambahan Viscosity Modifying Admixture Terhadap Kuat Tekan Mortar Dan Beton Rendah Semen. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*. 7.1 : 24–31.
- ASTM C618-19 . 2019. Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete. West Conshohocken : ASTM International.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. *SNI 1974: 2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta : BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. *SNI 03-2491-2014 Spesifikasi Agregat Ringan untuk Beton Ringan Struktural*. Jakarta : BSN
- C494/C494M-05, A., 2019. *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*. West Conshohocken : ASTM International.
- Chindaprasirt, P., and T. Cao. "Setting, segregation and bleeding of alkali-activated cement, mortar and concrete binders." *Handbook of alkali-activated cements, mortars and concretes*. Woodhead publishing, 2015. 113-131.
- Davidovits, J. (2013). Geopolymer Cement. *Geopolymer Science and Technics*. 21 : 1–11.

- Direktorat Jendral Binamarga. 2017. *Spesifikasi khusus – Interim SKh-1.7.23 Beton Memadat Sendiri (Self Compacting Concrete)*. Jakarta : Kementrian PUPR
- EFNARC. (2005). The European Guidelines for Self-Compacting Concrete. *The European Guidelines for Self Compacting Concrete*.
- EFNARC. (2007). *Viscosity Modifying Admixtures for Concrete*. *Indian Concrete Journal*. 81(1) : 27–34.
- Ekaputri, Jaya J., dan Triwulan. Sodium Sebagai Aktivator Fly Ash, Trass, dan Lumpur Sidoarjo dalam Beton *Geopolimer*. *Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung*. Volumer 20 (1).
- Figueiredo, S.C., Coporoglu O., dan Schlangen Erik.2018. Effect of Viscosity Modifier Admixture on Portland Cement Hydration. *Prosiding 4th Brazilian Conference on Composite Material*. 22 - 25 Juli 2018. Volume 212 : 818-840
- Ganeshan, M., Venkataraman, S., Chakravarthy, N., & Gunasesekaran, S. (2017). Use of Portland Cement to Improve the Properties of Self Compacting Geopolymer Concrete Stability Analysis of slabs View project masters project View project. *Article in International Journal of ChemTech Research*. 10(September): 88–97.
- Hasan Iqbal M. 2002.*Pokok – Pokok Materi Statistik I (Statistik Deskriptif)*. 2nd. Jakarta: PT. Bumi Aksara
- Hardjito, D., Wallah, S. E., Sumajouw, D. M. J., & Rangan, B. V. (2004). *Factors Influencing The Compressive Strength of Fly Ash Based Geopolymer Concrete*. *Civil Engineering* .6(2) : 88–93.

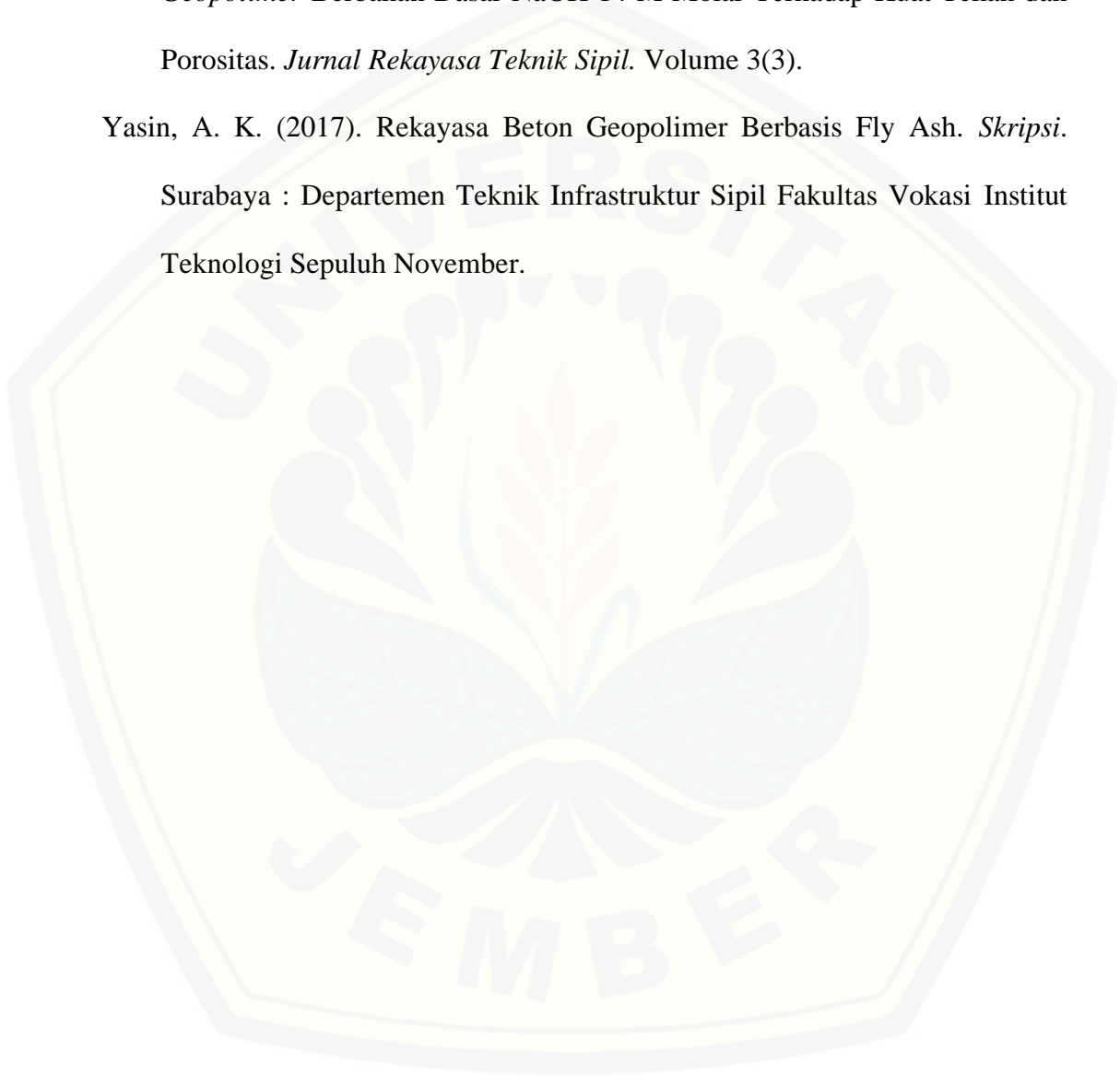
- Indrayani, Delvianty J., Selmina M., Herius A., dan Noerdin R. 2019. Fly Ash Sebagai Alternatif Pengganti Semen pada Beton *Geopolimer* Ramah Lingkungan. *Proseding Seminar Nasional Hasil Litbangyasa Industri II*. 2 (2).
- Kevin Wibowoputra, I., Wanandi, C., & Tanojo, E. (2014). Sifat Rheology Semen Pasta Ditinjau Dari Campuran Material Penyusunnya Dan Penggunaan Superplasticizer. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*. 3(2) : 78810.
- Memon, Fareed Ahmed, et al. "Effect of curing conditions on strength of fly ash-based self-compacting geopolymer concrete." *International Journal of Civil and Environmental Engineering* 5.8 (2011): 342-345.
- Olivia M., dan Nikraz H. 2013. Properties of Fly Ash Geopolymer Concrete in Seawater Environment. *Proceedings of the 13th East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Constructin*. Januari 2013.
- Perkasa, Bayu Bangun. 2020. Karakteristik Kuat Tekan Beton *Geopolimer* SCC dengan Penambahan Variasi Superplasticizer. *Skripsi*. Jember : Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Jember.
- Pangestu, M., Sim, A. M., Hardjito, D., Admixtures, V. M., & Razak, A. (2015). Pengaruh Penggunaan Kombinasi Viscosity Modifying Admixtures Dan Superplasticizer Terhadap Rheologi Mortar Dan Beton Self Compacting Concrete. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipi*. 4 (2) : 2–9.
- P.Pavithra, M.S Reddy, P. Dinakar, B.R Hanumantha, K.B Satpathy, dan A.N Mohanty. 2016. *A Mix Design Procedure for Geopolymer Concrete with Fly Ash*. *Jurnal of Cleaner Production*. Volume 133 : 117-125.

- Piekarczyk, Beata Ł.,N. 2013. Effect of Viscosity Modifying Admixture on Porosity, Compressive Strength, and Water Penetration of High Performance Self Compacting Concrete. *Jurnal Construction and Building Material*. Volume 48 : 1035-1044.
- Prasandha, Eka, A. F., Triwulan, & Ekaputri, J. J. (2015). Paving Geopolimer Berbahan Dasar Bottom Ash. *Jurnal Teknik ITS*. 4(2) : 2–7.
- Risdianto, Y., 2010. Penerapan *Self Compacting Concrete* Pada Beton Mutu Normal. *Jurnal Teknik Unipa*. Volume 8(2).
- S.E,Wallah. 2010. Creep Behavior of Fly Ash- Based Geopolymer Concrete.*Jurnal Civil Engineering Dimension*. Volume 12(2) : 73-78.
- Sandya, Y., & Musalamah, S. (2019). Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen. *Educational Building Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan Dan Sipil*, 5(2), 59–63.
- Septia G, P. (2015). *Literature Study Comparative Effect of Concentration of Naoh and Ratio of Naoh : Na₂Sio₃ , Ratio of Water / Precursor , Curing Temperature , and Type of Precursor To Compression Strength*. Skripsi. Depok : Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Vijai K, Kumutha R, and Vishnuram B (2010). Effect of types of curing on strength of geopolymer concrete. *International Journal of Physical Sciences*, 5(9): 1419-1423.
- Wang, Shaofeng., Zhou Hui., Bi Y., Li Xing., Wang J., Xiong L., dan Xing J. 2016. *Proceedings of the 6th International Conference on Mechatronics, Material,*

Biotechnology, and Environment. September 2016. ISBN 978-94-6252-228-2.

Wijaya, Arief. 2019. Pengaruh Penambahan Superplasticizer pada Beton Geopolimer Berbahan Dasar NaOH 14 M Molar Terhadap Kuat Tekan dan Porositas. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*. Volume 3(3).

Yasin, A. K. (2017). Rekayasa Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash. *Skripsi*. Surabaya : Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh November.





Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

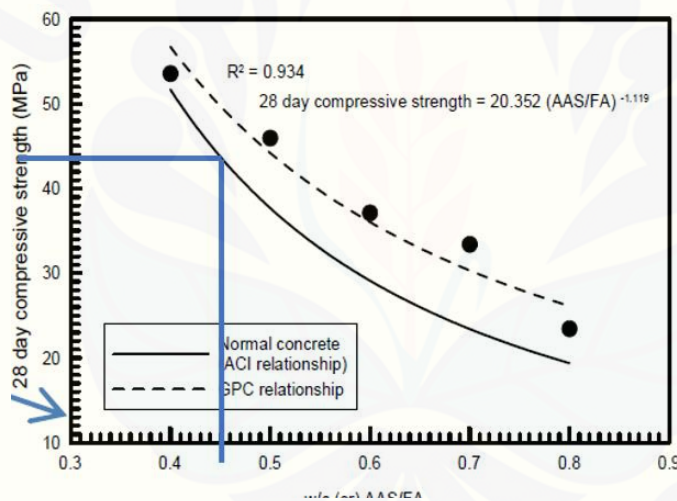
3.1 Perhitungan *Mix Design*

1. Menentukan *Alkaline Activator Solution* (AAS)

Pada jurnal Pavithra, dkk (2016) nilai *alkaline activator solution* (AAS) sebesar 200 kg/m³. AAS sebesar 200 kg/m³ ditetapkan pada beton *geopolimer* untuk mengembangkan kekuatan, kemampuan kerja dan nilai ekonomis secara efektif.

2. Menentukan Kekuatan Beton (Fc')

Kuat tekan beton geopolimer rencana didapatkan dari Gambar 1. Kuat tekan yang direncanakan pada *mix design* ini didasarkan oleh nilai AAS/FA atau w/c. Pada penelitian ini digunakan w/c 0.4 dengan kekuatan minimum 28 hari yang harus diperoleh sebesar 51 MPa.



Gambar 1. Perbandingan antar AAS/FA dan kuat tekan umur 28 hari.

3. Menghitung Aktivator

$$\begin{aligned} \text{Komposisi Binder} &= \text{AAS content}/(\text{AAS/FA}) \\ &= 200/0,45 \\ &= 444,444 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

4. Menghitung Aktivator

$$\begin{aligned} \text{Massa Aktivator} &= 200 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Na}_2\text{SiO}_3 : \text{NaOH} &= 2,5 \\ \text{Massa Aktivator} &= \text{Massa NaOH} + \text{Massa Na}_2\text{SiO}_3 \\ 200 \text{ kg/m}^3 &= \text{NaOH} + 2,5 \text{ NaOH} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NaOH} &= 200/3,5 \\ &= 57,143 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Na}_2\text{SiO}_3 &= 2,5 \times 57,143 \text{ kg/m}^3 \\ &= 142,857 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

5. Menghitung Kadar Air dalam AAS

$$\begin{aligned} \text{Massa Air pada NaOH} &= M_{\text{NaOH}} \times (1 - S_{\text{NaOH}}) \\ &= 57,143 \times (1 - 0,455) \\ &= 31,142 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Air Pada Na}_2\text{SiO}_3 &= M_{\text{Na}_2\text{SiO}_3} \times (1 - S_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}) \\ &= 142,857 \times (1 - 0,345) \\ &= 93,571 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Kebutuhan Air} &= 31,142 \text{ kg/m}^3 + 93,5714 \text{ kg/m}^3 \\ &= 124,714 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

6. Menghitung Volume Agregat

$$\begin{aligned} \text{Volume Total} &= 0,98 - \\ & \left[\left\{ \left(\frac{B_c}{G_b} \right) + \left(\frac{M_{\text{NaOH}}}{G_{\text{NaOH}}} \right) + \left(\frac{M_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}}{G_{\text{Na}_2\text{SiO}_3}} \right) \right\} \times \left(\frac{1}{100} \right) \right] \\ &= 0,98 - \\ & \left[\left\{ \left(\frac{444,444}{3,07} \right) + \left(\frac{57,142}{1,4506} \right) + \left(\frac{142,8571}{1,35} \right) \right\} \times \left(\frac{1}{1000} \right) \right] \\ &= 0,690 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

7. Proporsi Agregat Kasar dan Halus

$$\begin{aligned} \text{Agregat Halus} &= (50\% \times \text{Vol.Total} \times B_j. \text{ Agregat Halus} \times \\ & 1000) \\ &= (50\% \times 0,671 \times 2,716 \times 1000) \\ &= 937,043 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agregat Kasar (1-5mm)} &= (25\% \times \text{Vol.Total} \times B_j. \text{ Agregat Kasar} \times \\ & 1000) \\ &= (50\% \times 0,671 \times 2,764 \times 1000) \\ &= 476,801 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agregat Kasar (5-10mm)} &= (25\% \times \text{Vol.Total} \times \text{Bj. Agregat Kasar} \times \\ &1000) \\ &= (50\% \times 0,671 \times 2,764 \times 1000) \\ &= 476,801 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

8. Dosis *Superplasticizer*

$$\begin{aligned} \text{SP 2,5\%} &= 2,5\% \times \text{Vol. Fly Ash/Binder} \\ &= 2,5\% \times 500 \text{ kg/m}^3 \\ &= 11,11 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

9. Dosis *Viscosity Modifying Admixture (VMA)*

$$\text{VMA 0\%} = 0 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{VMA 0,2\%} &= 0,2\% \times \text{Vol. Fly Ash/Binder} \\ &= 0,2\% \times 444,444 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,89 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VMA 0,25\%} &= 0,25\% \times \text{Vol. Fly Ash/Binder} \\ &= 0,25\% \times 444,444 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1,111 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VMA 0,3\%} &= 0,3\% \times \text{Vol. Fly Ash/Binder} \\ &= 0,3\% \times 444,444 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1,333 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VMA 0,35\%} &= 0,35\% \times \text{Vol. Fly Ash/Binder} \\ &= 0,35\% \times 444,444 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1,555 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

10. Kebutuhan Bahan Per Benda Uji

$$\text{Fly Ash} = 444,44 \text{ kg/m}^3 \times 0,005301 \text{ m}^3 \times 1 = 2,356 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat Halus} = 937,043 \text{ kg/m}^3 \times 0,005301 \text{ m}^3 \times 1 = 4,967 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat Kasar (1-5mm)} = 476,802 \text{ kg/m}^3 \times 0,005301 \text{ m}^3 \times 1 = 2,435 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat Kasar (5-10mm)} = 476,802 \text{ kg/m}^3 \times 0,005301 \text{ m}^3 \times 1 = 2,435 \text{ kg}$$

$$\text{NaOH} = 57,143 \text{ kg/m}^3 \times 0,005301 \text{ m}^3 \times 1 = 0,302 \text{ kg}$$

$$\text{Na}_2\text{SiO}_3 = 93,571 \text{ kg/m}^3 \times 0,005301 \text{ m}^3 \times 1 = 0,757 \text{ kg}$$

$$\text{Superplasticizer 2,5\%} = 11,11 \text{ kg/m}^3 \times 0,005301 \text{ m}^3 \times 1 = 0,059 \text{ kg}$$




$$\text{VMA 0\%} = 0 \text{ kg/m}^3 \times 0,005301 \text{ m}^3 \times 1 = 0 \text{ kg}$$

VMA 0,2%	= 0,89 kg/m ³ x 0,005301 m ³ x 1	= 0,0047 kg
VMA 0,25%	= 1,11 kg/m ³ x 0,005301 m ³ x 1	= 0,0058 kg
VMA 0,3%	= 1,33 kg/m ³ x 0,005301 m ³ x 1	= 0,007 kg
VMA 0,35%	= 1,55 kg/m ³ x 0,005301 m ³ x 1	= 0,0082 kg
Air	= 124,714 kg/m ³ x 0,005301 x 1	= 0,661 kg




11. Kebutuhan Total Benda Uji




Material	Satuan	Volum Satuan	N	Volume Total (kg)
Safety Factor	1,3			
Fly Ash	kg/m ³	3,063052837	45	137,8373777
Pasir	kg/m ³	6,457979493	45	290,6090772
Agregat Kasar	kg/m ³	3,286055839	45	147,8725128
SP	kg/m ³	0,076576321	45	3,445934442
NaOH	kg/m ³	0,393821079	45	17,72194856
Na ₂ Sio ₃	kg/m ³	0,984552698	45	44,3048714
VMA 0%	kg/m ³	0	45	0
VMA 0,2%	kg/m ³	0,006126106	45	0,275674755
VMA 0,25%	kg/m ³	0,007657632	45	0,344593444
VMA 0,3%	kg/m ³	0,009189159	45	0,413512133
VMA0,35%	kg/m ³	0,010720685	45	0,482430822
Air	kg/m ³	0,661165004	45	29,75242518




Lampiran 4.1 Dokumentasi Penelitian


No	Kegiatan	Gambar	Tempat
1	Pengujian Berat Volume Fly Ash		Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember
2	Pengujian Berat Jenis Fly Ash		Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember
3	Pengujian Berat Jenis Kerikil		Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember


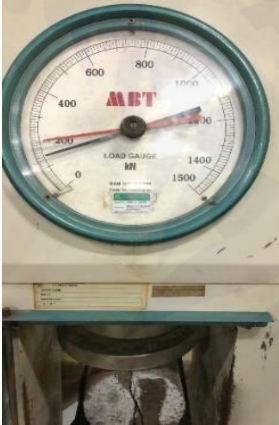
4	Pengujian Berat Volume Keriki		Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember
5	Pengujian Kadar Air Resapan Kerikil		Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember
6	Pengujian Kelembaban Kerikil		Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember

10	Berat Volume Pasir		Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember
11	Pengujian Kadar Air Resapan Pasir		Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember
12	Pengujian Kelembaban Pasir		Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember

<p>13</p>	<p>Pengujian Kadar Lumpur Pasir</p>		<p>Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember</p>
<p>14</p>	<p>Pengujian Analisa Saringan Pasir</p>		<p>Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember</p>
<p>15</p>	<p>Persiapan Bahan</p>		<p>Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember</p>

16	Proses Pengecoran		Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember
17	Pengujian Slump Flow		Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember
18	Pengujian L Shaped		Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember

<p>19</p>	<p>Pengujian V Funnel</p>		<p>Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember</p>
<p>20</p>	<p>Curing Beton</p>		<p>Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember</p>
<p>21</p>	<p>Penimbangan Benda Uji</p>		<p>Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember</p>

22	Pengujian Kuat Tekan		Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember
23	Pengujian Tarik Belah		Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember



Proyek : Skripsi “Pengaruh Penambahan *Viscosity Modifying Admixture* Terhadap Sifat Mekanik Beton Geopolimer SCC”
Lokasi :
Kontraktor :
Konsultan Pengawas :
Pengujian : Kuat tekan umur 7 Hari

No	Tanggal Pengujian	Kode	Dial (Kn)	Luas Penampang (mm ²)	Berat (kg)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata
1	19-Okt-20	Geo1	450	17662.5	13.15	25.47770701	25.66
2		Geo1	440	17662.5	13	24.91153574	
3		Geo1	470	17662.5	13.2	26.61004954	
4		Geo2	460	17662.5	13.1	26.04387827	26.79
5		Geo2	490	17662.5	13.2	27.74239207	
6		Geo2	470	17662.5	13	26.61004954	
7		Geo3	430	17662.5	13	24.34536447	24.53
8		Geo3	430	17662.5	12.9	24.34536447	
9		Geo3	440	17662.5	12.9	24.91153574	
10		Geo4	525	17662.5	13.1	29.72399151	29.15
11		Geo4	510	17662.5	13	28.87473461	
12		Geo4	510	17662.5	13.15	28.87473461	
13		Geo5	440	17662.5	13.05	24.91153574	24.34
14		Geo5	430	17662.5	13.15	24.34536447	
15		Geo5	420	17662.5	13	23.77919321	

Koreksi Umur : -

Tinggi Benda Uji : 300mm
Diameter Benda Uji : 150mm

Jember,
Pemeriksa

Moch. Akir
NIP. 196509282000031001



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK – JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM STRUKTUR**

Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Besar Kotak Pos 159 Jember

Proyek : Skripsi “Pengaruh Penambahan *Viscosity Modifying Admixture* Terhadap Sifat Mekanik Beton Geopolimer SCC”
Lokasi :
Kontraktor :
Konsultan Pengawas :
Pengujian : Kuat tekan umur 28 Hari

No	Tanggal Pengujian	Kode	Dial (Kn)	Luas Penampang (mm ²)	Berat (kg)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata
1	21-Okt-20	Geo1	780	17662.5	12.95	44.16135881	44.07
2		Geo1	775	17662.5	12.95	43.87827318	
3		Geo1	780	17662.5	12.95	44.16135881	
4		Geo2	800	17662.5	12.9	45.29370134	45.10
5		Geo2	790	17662.5	12.85	44.72753008	
6		Geo2	800	17662.5	12.85	45.29370134	
7		Geo3	810	17662.5	13.05	45.85987261	46.24
8		Geo3	820	17662.5	13.15	46.42604388	
9		Geo3	820	17662.5	13.15	46.42604388	
10		Geo4	855	17662.5	13.05	48.40764331	48.50
11		Geo4	860	17662.5	13.05	48.69072895	
12		Geo4	855	17662.5	13.05	48.40764331	
13		Geo5	740	17662.5	13.2	41.89667374	42.09
14		Geo5	740	17662.5	13.3	41.89667374	
15		Geo5	750	17662.5	13.1	42.46284501	

Koreksi Umur : -

Tinggi Benda Uji : 300mm

Diameter Benda Uji : 150mm

Jember,
Pemeriksa

Moch. Akir

NIP. 196509282000031001



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK – JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM STRUKTUR**

Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Besar Kotak Pos 159 Jember

Proyek : Skripsi “Pengaruh Penambahan *Viscosity Modifying Admixture* Terhadap Sifat Mekanik Beton Geopolimer SCC”
Lokasi :
Kontraktor :
Konsultan Pengawas :
Pengujian : Kuat tarik belah umur 28 Hari

No	Tanggal Pengujian	Kode	Dial (Kn)	Luas Penampang (mm ²)	Berat (kg)	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata
1	3-Nov-2020	Geo1	170	17662.5	12.95	2.406227884	2.48
2		Geo1	175	17662.5	12.85	2.476999292	
3		Geo1	180	17662.5	12.95	2.547770701	
4		Geo2	190	17662.5	12.9	2.689313517	2.59
5		Geo2	180	17662.5	12.8	2.547770701	
6		Geo2	180	17662.5	12.85	2.547770701	
7		Geo3	190	17662.5	13.1	2.689313517	2.69
8		Geo3	180	17662.5	13.05	2.547770701	
9		Geo3	200	17662.5	12.95	2.830856334	
10		Geo4	200	17662.5	13.05	2.830856334	2.78
11		Geo4	190	17662.5	13.05	2.689313517	
12		Geo4	200	17662.5	13.05	2.830856334	
13		Geo5	175	17662.5	13.3	2.476999292	2.45
14		Geo5	170	17662.5	13.25	2.406227884	
15		Geo5	175	17662.5	13.25	2.476999292	

Koreksi Umur : -

Tinggi Benda Uji : 300mm

Diameter Benda Uji : 150mm

Jember,
Pemeriksa

Moch. Akir

NIP. 196509282000031001