



**PENGARUH PEMANFAATAN ABU VULKANIK GUNUNG SEMERU
TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

SKRIPSI

Oleh:

Ahmad Edo Dwi Setiawan

NIM 181910301034

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2022



**PENGARUH PEMANFAATAN ABU VULKANIK GUNUNG SEMERU
TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

SKRIPSI

diajukan untuk menyelesaikan tugas akhir dan memenuhi salah satu persyaratan
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Sipil
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

Ahmad Edo Dwi Setiawan

NIM 181910301034

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2022

PERSEMBAHAN

Segala puji atas kehadiran Allah Subhanallahu Wata'ala, Alhamdulillah atas segala rahmatNya Skripsi ini dapat selesai tepat waktu dan semoga penelitian yang telah ditulis membawa manfaat bagi dunia Teknik Sipil. Penulis mempersembahkan skripsi ini kepada :

1. Kedua orang tua saya, Ibu Wahidatun Hamidah , ayah saya tercinta Bapak Junaidi memberikan doa terbaiknya di setiap sujud sholatnya, menggetarkan arsy tulus tanpa menuntut apapun.
2. Bapak Dr. Ir. Krisnamurti,M.T. dan bapak Dr. Erno Widayanto, S.T., M.T. yang memberikan ilmu selama penulis menyusun skripsi dengan sabar .
3. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, MUM selaku dosen pembimbing akademik yang menjadi orang tua penulis di kampus selama berkuliah di Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember
4. Guru dan dosen penulis sejak di sekolah TK sampai ke jenjang perkuliahan yang membimbing dengan sabar.
5. Kakak perempuan saya Siti Ayu Wandira S.sos, S.Pd.,kakak ipar saya Adi Panji Megantoro S.T., segenap keluarga besar dari kakek bunidin dan keluarga besar dari kakek Surjo yang telah mendukung penuh baik tenaga, biaya dan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini
6. Teman-teman bidang struktur Atiqur, Ghifari, Arya , Andrian, dan Kikik, yang selama ini mebantu di laboratorium
7. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Jember terutama Teknik Sipil Angkatan 2018, rekan terbaik selama kuliah.
8. Diniyah Mar'atus Sholiha yang sebentar lagi akan S.Pd. Sebagai *Suport system* terbaru penulis mendukung tanpa henti menemani proses insha allah akan sampai terus menemani.

MOTTO

“ Tanpa Allah manusia tidak bisa apa-apa, bukan kamu yang hebat tapi doa orang
tuamu yang kuat.”

(Ahmad Edo Dwi Setiawan)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ahmad Edo Dwi Setiawan

NIM : 181910301034

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **“PENGARUH PEMANFAATAN ABU VULKANIK GUNUNG SEMERU TERHADAP KUAT TEKAN BETON”** adalah benar hasil penelitian sendiri, kecuali beberapa kutipan yang sudah disebutkan sumbernya sesuai kaidah penulisan, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan hasil mengambil karya orang lain. Saya sebagai peneliti bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi dan .

Demikian pernyataan yang peneliti buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik apabila pernyataan yang dibuat peneliti ini tidak benar..

Jember ,12 Juli 2022

Yang menyatakan



Ahmad Edo Dwi Setiawan
181910301034

SKRIPSI
PENGARUH PEMANFAATAN ABU VULKANIK GUNUNG SEMERU
TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Oleh

Ahmad Edo Dwi Setiawan

NIM 181910301034

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Krisnamurti, M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Erno Widayanto, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Pengaruh Pemanfaatan Abu Vulkanik Gunung Semeru Terhadap Kuat Tekan Beton” telah diuji dan disahkan pada :


hari : Selasa

tanggal : 12 Juli 2022

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

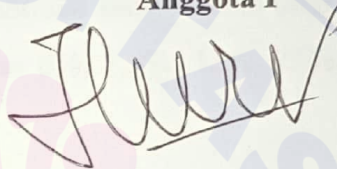
Tim Penguji

Ketua




**Nanin Meyfa Utami, S.T.,M.T
NRP. 760014641**

Anggota I



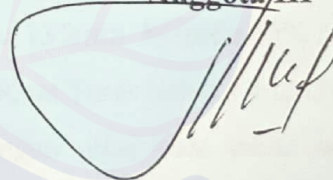
**Dr. Ir. Krisnamurti, M.T.
NIP. 196612281999031002**

Anggota II



**Dr. Erno Widayanto, S.T., M.T.
NIP. 19700419 199803 1 002**

Anggota III



**Dr. Ir. Anik Ratnaningsih, S.T, M.T
NIP. 197005301998032001**

Mengesahkan, Dekan



**Dr. H. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP. 19700826 199802 1 001**

RINGKASAN

Pengaruh Pemanfaatan Abu Vulkanik Gunung Semeru Sebagai Kuat Tekan Beton. Ahmad Edo Dwi Setiawan,181910301034,2022 ; 85 Halaman ; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kemajuan teknologi dibidang konstruksi menuntut para peneliti untuk terus berinovasi dan mencari alternatif bahan pengganti semen untuk mengurangi penggunaan semen yang semakin hari meningkat, hal ini sangat tidak baik untuk ketersediaan semen di masa mendatang. Pasca erupsi banyak material abu vulkanik yang menumpuk dan tidak terpakai. Penelitian menggunakan abu vulkanik untuk bahan substitusi semen , untuk menambah variasi substitusi semen maka dilakukan penelitian dengan campuran substitusi semen sebesar 0%, 7,5%, 15%, 25%, dan 35%.

Hasil tertinggi pada campuran 0% dengan nilai kuat tekan sebesar 23,11 MPa , nilai kuat Tarik belah dengan nilai 3,14MPa dan penurunan slump beton sebesar 90mm, substitusi abu ,Metode substitusi maksimal didapatkan nilai tertinggi pada substitusi metode 7,5% dengan nilai kuat tekan sebesar 18,16Mpa dan nilai kuat tarik belah sebesar 2,5MPa dan nilai penurunan slump sebesar 110mm dan nilai slump sebesar. Metode 15% hasil kuat tekan 16,69MPa dan hasil kuat tarik belah sebesar 2,1 Mpa dan nilai slump beton sebesar 135mm. Metode 25% sebesar didapatkan hasil kuat tekan sebesar 15,47MPa dan Kuat Tarik belah 1,61MPa nilai slump beton sebesar 160mm. Metode 35% dengan nilai kuat tekan sebesar 9,78MPa ,hasil pengujian kuat Tarik belah beton sebesar 1,66MPa dan nilai penurunan slump beton sebesar 175mm

Kata kunci : Substitusi Abu Vulkanik , kuat tekan beton, kuat tarik belah beton, beton normal.

SUMMARY

The Effect of Utilizing Mount Semeru Volcanic Ash as Compressive Strength of Concrete, Ahmad Edo Dwi Setiawan, 181910301034, 2022; 84 pages; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Technological advances in the construction sector require researchers to continue to innovate and look for alternative cement substitutes to reduce the use of cement which is increasing day by day, this is not very good for the availability of cement in the future. After the eruption, a lot of volcanic ash material accumulates and is not used. Research using volcanic ash as a cement substitution material, to increase the variation of cement substitution, research was carried out with a mixture of cement substitution of 0%, 7.5%, 15%, 25%, and 35%.

The highest yield was found in the 0% mixture with a compressive strength value of 23.11 MPa, a split tensile strength value of 3.14 MPa and a decrease in concrete slump 90mm, ash substitution, the maximum substitution method obtained the highest value in the substitution method 7.5% with a compressive strength value. 18.16Mpa and the value of split tensile strength is 2.5MPa and the slump value is 110mm and the slump value. The 15% method produces a compressive strength of 16.69 MPa and a split tensile strength of 2.1 MPa and a concrete slump value of 135 mm. The 25% method produces a compressive strength of 15.47 MPa and a split tensile strength of 1.61 MPa, the concrete slump value is 160 mm. The 35% method with a compressive strength value of 9.78 MPa, the results of the tensile strength test of concrete are 1.66 MPa and the concrete slump reduction value is 175 mm.

Keywords: Volcanic Ash Substitution, compressive strength of concrete, split tensile strength of concrete, normal concrete.


PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan berkat dan rahmatnya, sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ Analisis Pemanfaatan Abu Vulkanik Gunung Semeru Terhadap Kuat Tekan Beton” sebagai salah satu persyaratan menyelesaikan program studi 1 di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember. Pada kesempatan yang sangat baik ini, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Dr. Gusfan Halik, S.T.,M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Bapak Dr. Ir. Krisnamurti, M.T dan Bapak Dr. Erno Widayanto, S.T., M.T. yang telah membimbing dalam proses penelitian dengan sabar dan memberikan banyak masukan dan ilmu atas penelitian ini.

Penulis menyadari bahwasanya dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna, untuk itu, penulis mengharapkan adanya saran dan kritik yang membangun pada penulisan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat meberikan manfaat untuk mahasiswa dan kepada lembaga terkait.

Jember ,12 Juli 2022
Yang menyatakan

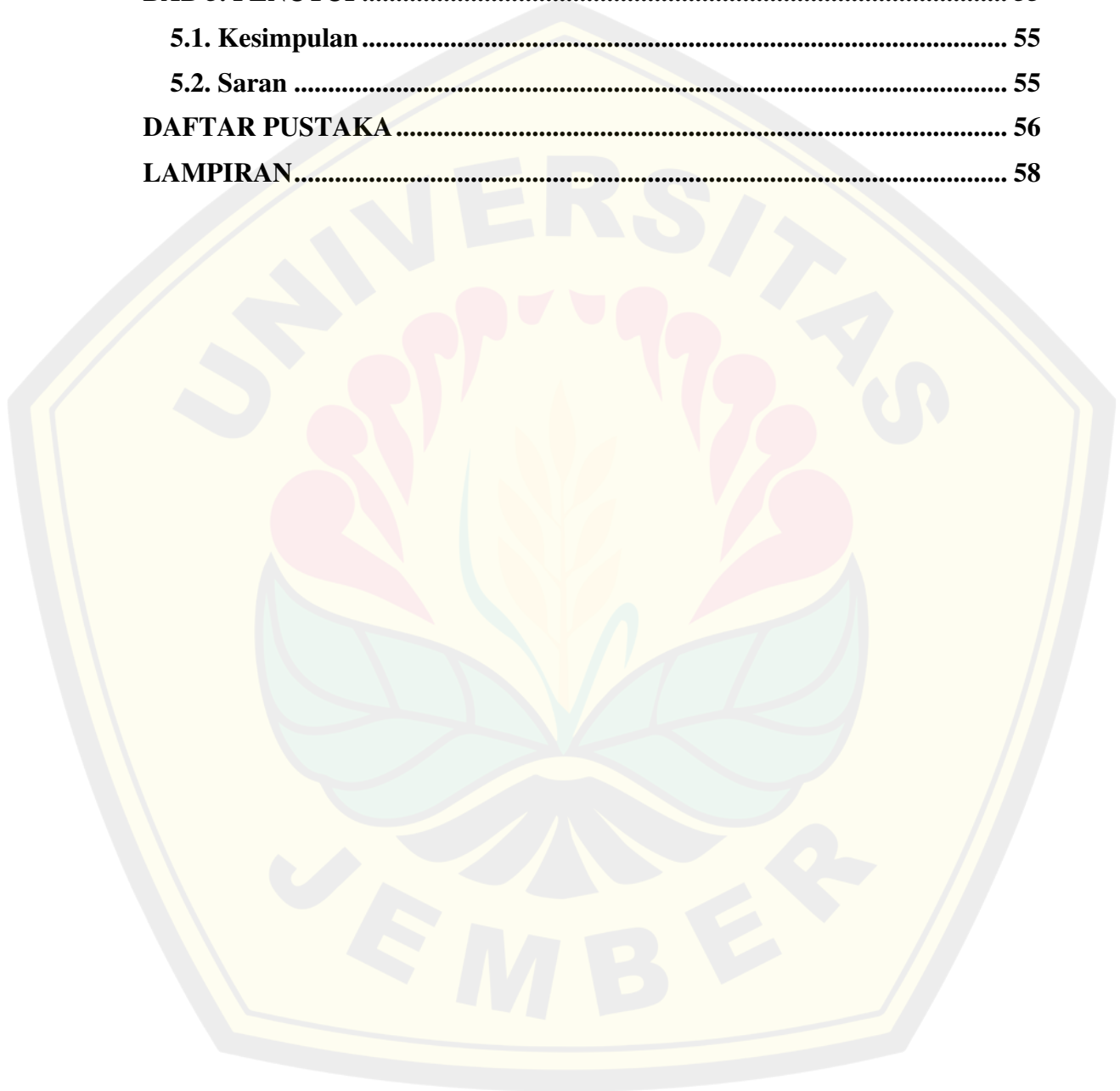

Ahmad Edo Dwi Setiawan
181910301034

DAFTAR ISI

SKRIPSI	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat	3
1.5. Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Beton	4
2.2. Material dan Bahan Pengikat Penyusun Beton	4
2.2.1. Agregat	4
a. Agregat Kasar	4
b. Agregat Halus	4
2.2.2. Semen <i>Portland Pozzolan</i>	4
2.3. Abu Vulkanik Gunung Semeru	5
2.4. Pengujian <i>Slump</i>	5
2.5. Perawatan beton (curing)	6
2.6. Pengujian Sifat Mekanik Beton	6
2.6.1. Pengujian Kuat Tekan Beton	6
2.7. Penelitian Terdahulu	7

BAB 3. METODE PENELITIAN	10
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	11
3.2. Variabel Penelitian	11
3.3. Persiapan Bahan dan Mould	12
3.4. Pengujian Material	12
3.5. Desain Campuran Beton (mix desain)	20
3.6. Pembuatan Benda Uji Silinder	20
3.6.1. Persiapan alat untuk Pembuatan Benda Uji	20
3.6.2. Bahan pembuatan Benda Uji Silinder	21
3.6.3. Prosedur pembuatan benda uji	21
3.7. Metode Pengujian Slump	21
3.8. Perawatan Benda Uji	21
3.9. Metode Pengujian Sifat Mekanik Beton	22
3.10. Analisis Data	23
3.11. Distribusi <i>Chi-Square</i>	23
BAB 4. PEMBAHASAN	26
4.1. Pengujian Agregat Halus	26
4.1.1. Pengujian Berat Jenis Pasir	26
4.1.2. Pengujian Berat Volume Pasir	26
4.1.3. Pengujian Kadar Resapan Pasir	27
4.1.4. Pengujian Kelembapan pasir Pasir	27
4.1.5. Analisa Saringan Material Pasir Lumajang	28
4.1.6. Kadar Lumpur Pasir Lumajang	29
4.2. Pengujian Krikil	29
4.2.1. Berat Jenis Krikil	29
4.2.2. Berat Volume Kerikil	30
4.2.3. Kadar resapan krikil	30
4.2.4. Kelembapan kerikil	31
4.2.5. Analisa Saringan Krikil	31
4.2.6. Kadar lumpur krikil	32
4.3. Pengujian Abu Vulkanik Semeru	33
4.4. <i>Mix Design</i>	34

4.5. Pengujian Slump Beton	35
4.6. Pengujian Kuat Tekan Beton.....	36
4.7. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari.....	48
4.8. Analisis Perbandingan Substitusi Abu Vulkanik Terhadap Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Belah Beton	51
BAB 5. PENUTUP.....	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN.....	58



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Estimasi korelasi kuat tekan benda uji silinder beton menurut diameter benda uji ($L/D = 2$).....	7
Tabel 2.2 Penelitian terdahulu dari jurnal nasional.....	8
Tabel 2.3 Penelitian terdahulu dari jurnal internasional	9
Tabel 3.1 kebutuhan benda uji	20
Tabel 3.2 Kontinjensi $b \times k$	25
Tabel 3.3 Persentase Poin Dari <i>Distribusi Chi-Square</i>	25
Tabel 4.1 Hasil Pengujian berat jenis pasir lumajang	26
Tabel 4.2 Hasil Pengujian berat volume pasir lumajang	26
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kadar Resapan Pasir	27
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kelembapan pasir	27
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Analisa Saringan Material Pasir Lumajang	28
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Pasir Lumajang	29
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Berat Jenis Krikil	29
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Berat Volume Krikil	30
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kadar Resapan Krikil	30
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Kelembapan krikil.....	31
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Analisa Saringan Krikil	31
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Krikil	32
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Berat Jenis Abu Vulkanik.....	33
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Berat Volume Abu Vulkanik Semeru.....	33
Tabel 4.15 Proporsi Campuran Beton Normal Abu Vulkanik Semeru untuk 15 benda uji	34
Tabel 4.16 Rekapitulasi Bahan untuk Pengecoran 15 Benda Uji Setiap Metode .	35
Tabel 4.17 Hasil pengujian Slump Beton	35
Tabel 4.18 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 7 Hari.....	37
Tabel 4.19 Uji Chi-Square Kuat Tekan Beton 7 hari.....	39
Tabel 4.20 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 14 Hari.....	40
Tabel 4.21 Uji Chi-Square Kuat Tekan Beton 14 hari.....	42
Tabel 4.22 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 21 Hari.....	43
Tabel 4.23 Uji Chi-Square Kuat Tekan Beton 21 hari.....	45
Tabel 4.24 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 28 Hari.....	46
Tabel 4.25 Uji Chi-Square Kuat Tekan Beton 28 hari.....	48
Tabel 4.26 Hasil Pengujian Kuat Tarik belah Beton 28 Hari	49
Tabel 4.27 Uji Chi-Square Kuat Tari Belah Beton 28 hari.....	50
Tabel 4.28 Hasil kuat tekan beton berdasarkan metode dan waktu pengujian	51
Tabel 4.29 Korelasi Kuat Tarik Belah Belah Beton dan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Abu vulkanik gunung semeru pasca erupsi tahun 2021	5
Gambar 2.2 alat uji slump Kerucut abras (Sumber : SNI 03-1972, 2008)	6
Gambar 3.1 <i>Flowcart</i> penelitian	11
Gambar 4.1 Plotting hasil Analisis Saringan Pasir Zona 2	28
Gambar 4.2 Ploting hasil Analisa saringan krikil	32
Gambar 4.3 Hasil pengujian Slump Beton.....	36
Gambar 4.4 Pengujian Kuat Tekan Beton 7 Hari	37
Gambar 4.5 Pengujian Kuat Tekan Beton 14 Hari	40
Gambar 4.6 Pengujian Kuat Tekan Beton 21 Hari	43
Gambar 4.7 Pengujian Kuat Tekan Beton 28 Hari	46
Gambar 4.8 Pengujian Kuat Tarik belah Beton 28 Hari	49
Gambar 4.9 Hasil kuat tekan beton berdasarkan metode dan waktu pengujian....	51
Gambar 4.10 Rekapitulasi Kuat tekan beton.....	52
Gambar 4.11 Korelasi Kuat Tarik Belah Belah Beton dan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Mix design</i>	58
Lampiran 2 Kegiatan di laboratorium Struktur Teknik Sipil,Fakultas Teknik Universitas Jember	60
Lampiran 3 Kegiatan Pengambilan Abu Vulkanik	66



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pasca erupsi gunung semeru Bulan Desember 2021 meninggalkan abu vulkanik yang sangat banyak selain menimpa rumah warga. Abu vulkanik tidak dimanfaatkan selain untuk pertanian karena kandungan mineral yang sangat baik untuk pertumbuhan tanaman. Kemajuan teknologi dibidang konstruksi menuntut para peneliti untuk terus berinovasi dan mencari alternatif bahan pengganti semen untuk mengurangi penggunaan semen yang semakin hari meningkat, hal ini sangat tidak baik untuk ketersediaan semen di masa mendatang. Abu vulkanik tersebut belum dimanfaatkan dan dapat mengakibatkan pencemaran dan kerusakan lingkungan, serta membahayakan kesehatan manusia. Apabila abu vulkanik tersebut terbawa ke sungai akan menyebabkan sedimentasi atau pendangkalan sungai mengalami kenaikan muka air dan menyebabkan lahar dingin. dengan memanfaatkan abu vulkanik sebagai bahan campuran beton dapat mengurangi resiko material abu terbawa air saat hujan yang menyebabkan banjir lahar dingin karena pendangkalan sungai.

Menurut jurnal (Juwono & Susilo, 2017) Abu vulkanik adalah bahan material hasil kegiatan vulkanik gunung yang disemburkan ke udara saat letusan gunung berapi terjadi. Abu vulkanik yang disemburkan ke udara mengandung beberapa mineral diantaranya adalah Aluminium (Al), Oksigen (O₂), serta zat-zat lainnya seperti Besi (Fe), Mangan (Mn), Silikat (Si), Silika (SiO₂), Kalsium (Ca), Fosfor (P), dan Kalium (K). Kandungan silika sangat baik untuk bahan pengganti Sebagian semen. Abu vulkanik yang melimpah belum dimanfaatkan maksimal, sementara abu vulkanik yang memiliki sifat *pozzolanic* bisa digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen pada pembuatan beton. Material butiran pada abu vulkanik yang berbutir halus dan tajam memungkinkan abu vulkanik tidak hanya menambah sifat kedap terhadap beton, tetapi dapat meningkatkan kekuatan pada struktur beton.

Menurut jurnal (Agboola dkk., 2020) Abu vulkanik, menjadi salah satu karakteristik dari pozzolan alami, ramah lingkungan, ekonomis dan dapat diambil dengan mudah setelah erupsi. Abu vulkanik, disebut "*pozzolan* alami", adalah pecahan halus magma atau batuan vulkanik yang dihancurkan secara alami saat erupsi, berukuran kurang dari berdiameter 2mm, yang dikosongkan dari ventilasi gunung berapi baik dalam keadaan cair atau padat.

Menurut penelitian (Agboola dkk., 2020) dalam penelitian ini Abu vulkanik menggantikan semen dengan substitusi 0%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, 15% dan 20%. Spesimen diuji pada usia 7, 14, 21 dan 28 hari.

Menurut Penelitian (Susanti dkk., 2018) benda uji yang dibuat menggunakan abu vulkanik dari Sinabung Sumatera Utara. Pengujian yang dilakukan pada tahap penelitian pendahuluan adalah berat jenis, analisis seive, dan uji slump. Selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan beton dengan kadar abu vulkanik 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% masing-masing dengan umur beton 7, 14, dan 28 hari. Spesimen diuji setelah diproses curing basah umur 7, 14, dan 28 hari. Kuat tekan beton maksimal pada substitusi diantara 2% sampai 4%

Menurut penelitian (Lamotokana dkk., 2020) hasil bahan substitusi semen untuk campuran pembuatan beton dibuat menjadi beberapa metode variasi yaitu 0%, 5%, 10%, 20%, dan 30% dengan bahan abu vulkanik berasal dari pasca letusan Gunung Berapi Banda. Penelitian direncanakan *mix design* sebesar 24 MPa, benda uji berbentuk silinder diuji umur 28 hari. Hasil penelitian pada metode variasi 10% yaitu 20,95 Mpa. Kuat tekan tertinggi ada pada variasi abu vulkanik 0% yaitu 21,04 MPa.

Menurut penelitian (Yuswanto, 2015) penambahan abu vulkanik terhadap pembuatan benda uji beton mendapatkan hasil tertinggi sebesar 46,94MPa pada kuat tekannya dan hasil terendah dengan penambahan 20% Abu, dan hasil terendah sebesar 36,73MPa dengan penambahan 5% abu vulkanik.

Berdasarkan penelitian terdahulu, untuk menambah variasi substitusi semen maka dilakukan penelitian dengan campuran substitusi semen sebesar 0%, 7,5%, 15%, 25%, dan 35%, dengan komposisi substitusi tersebut diharapkan dapat

mengetahui nilai maksimum kuat tekan yang dapat dihasilkan dengan substitusi abu vulkanik terhadap semen yang semula belum pernah digunakan untuk bahan abu vulkanik pasca erupsi Gunung Semeru Desember tahun 2021.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh pemanfaatan *abu vulkanik* terhadap kuat tekan beton dengan komposisi Abu vulkanik sebesar 0%, 7.5%,15%, 25%, 35%?
2. Bagaimana pengaruh pemanfaatan *abu vulkanik* terhadap kuat tarik belah beton dengan Abu vulkanik sebesar 0%, 7.5%,15%, 25%, 35%?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh pemanfaatan *abu vulkanik* terhadap kuat tekan beton dengan Abu vulkanik sebesar 0%, 7.5%,15%, 25%, 35%.
2. Menganalisis pengaruh pemanfaatan *abu vulkanik* terhadap kuat tarik belah beton dengan Abu vulkanik sebesar 0%, 7.5%,15%, 25%, 35%.

1.4. Manfaat

Manfaat penelitian yang secara teoritis adalah sebagai berikut:

1. Menambah kajian literatur tentang pengaruh pemakaian abu vulkanik gunung semeru pasca erupsi terhadap kuat tekan beton
2. Menambah kajian penggunaan abu vulkanik semeru untuk pembuatan beton normal.

Manfaat penelitian yang secara praktis adalah sebagai berikut:

1. Memanfaatkan abu vulkanik yang tidak dimanfaatkan
2. Mengurangi abu vulkanik terbawa oleh air hujan yang menyebabkan banjir lahar dingin.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian memanfaatkan abu vulkanik pasca erupsi Gunung Semeru Bulan Desember 2021.
2. Pengujian mekanik beton hanya kuat tekan.
3. Benda Uji silinder $\varnothing 10\text{cm}$ tinggi 20cm.
4. Tidak melakukan perhitungan anggaran biaya

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton

Menurut (SNI 03-2834-2000,) beton merupakan campuran beberapa bahan diantaranya adalah semen Portland sebagai bahan pengikat agregat, agregat yang dimaksud adalah kasar (krikil), halus (pasir) dan air untuk mereaksikan semen dengan atau tanpa tambahan kimia yang lainnya agar menciptakan massa padat;

2.2. Material dan Bahan Pengikat Penyusun Beton

2.2.1. Agregat

Material penyusun Beton Normal terbagi menjadi dua sebagai berikut:

a. Agregat Kasar

Menurut (SNI 1969, 2008) Agregat Kasar adalah material kerikil sebagai hasil proses 'alami' dari batuan atau batu pecah mesin hasil buatan dan mempunyai ukuran bentuk antara 4,75 mm (No.4) sampai dengan 40 mm (No. 1½ inci).

b. Agregat Halus

Menurut (SNI 1969, 2008) Agregat Halus adalah pasir alam sebagai hasil proses 'alamiah' pasir atau batuan yang didapatkan dari proses industri pemecah batu yang mempunyai ukuran bentuk paling besar 4,75 mm (No.4).

2.2.2. Semen *Portland Pozzolan*

Menurut semen portland pozzolan merupakan suatu semen hidrolis yang berasal dari campuran homogen antara pozzolan yang memiliki butiran halus dan semen Portland, semen portland pozzolan diproduksi dengan proses menggiling pozzolan menjadi bubuk dan klinker semen portland secara bersamaan, atau mencampur secara merata bubuk semen portland dengan bubuk pozzolan, atau gabungan antara beberapa proses menghaluskan dan mencampur semua bahan, dengan kadar pozzolan 6% - 40% massa semen portland pozzolan.

2.3. Abu Vulkanik Gunung Semeru

2.3.1. Unsur Kimia Abu Vulkanik Gunung Semeru

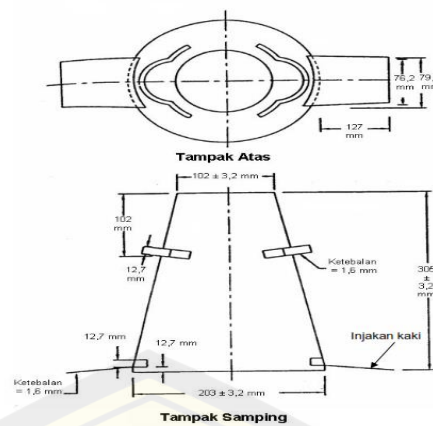
Menurut penelitian (Juwono and Susilo, 2017) Abu vulkanik gunung semeru memiliki beberapa unsur kimia yang menyusun partikel debu vulkanik, yang didominasi oleh unsur *Carbon* (C), kemudian diikuti oleh unsur *calcium* (Ca), Aluminium (Al), Magnesium (Mg), dan silikon (Si). Unsur didominasi oleh karbon dan silikon. Perbedaan yang ada pada masing-masing sampel adalah tingkat pada kandungannya mineral yang dimiliki.



Gambar 2.1 Abu vulkanik gunung semeru erupsi 2021 (Sumber Penulis, 2022)

2.4. Pengujian *Slump*

Menurut (SNI-1972, 2008) pengujian slump digunakan untuk mengawasi homogenitas dan workability suatu campuran beton segar dengan kekentalan campuran tertentu yang dinyatakan dengan satu nilai slump atau penurunan beton saat di uji slump.



Gambar 2.2 alat uji slump Kerucut abrasif (Sumber : SNI 03-1972, 2008)

2.5. Perawatan beton (curing)

Proses perawatan pada beton dilakukan saat bekisting dilepas dari beton setelah pengecoran dalam kurun waktu 24 ± 8 jam saat beton mulai mengering. Proses curing dilakukan untuk mencegah penguapan berlebih saat beton mulai proses mengeras. (SNI 2493-2011, 2011)

Perawatan beton dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti yang dijelaskan dalam (SNI 2493-2011, 2011) diantaranya sebagai berikut:

1. Metode merendam dilakukan pada proses curing beton benda uji dilaboratorium
2. Menutup permukaan beton dengan goni basah dapat dilakukan untuk beton benda uji atau perawatan beton dilapangan, merawat beton dengan metode basah pada temperature $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$.
3. Menyiram beton atau benda uji untuk menjaga suhu beton

2.6. Pengujian Sifat Mekanik Beton

2.6.1. Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan (SNI 1974-2011, 2011) kuat tekan pada benda uji beton diuji untuk mengetahui kekuatan beton maksimal yang dapat di terima oleh benda uji. Menghitung kuat tekan benda uji beton dengan cara membagi beban maksimum atau gaya aksial pada benda uji yang dapat diterima oleh benda uji selama pengujian berlangsung dengan luas penampang atau permukaan melintang rata benda uji, dan nilainya di bulatkan dengan satuan 0,1 MPa

Kuat tekan beton $f'c = P / A$ 2.1

Keterangan:

$F'c$ = Kuat tekan beton dengan benda uji silinder, dinyatakan dalam satuan(MPa atau N/mm²)

P = gaya tekan aksial, dinyatakan dalam satuan Newton (N);

A = luas penampang melintang benda uji dinyatakan dalam satuan (mm²)

Tabel 2.1 Estimasi korelasi kuat tekan benda uji silinder beton menurut diameter benda uji ($L/D = 2$)

Diameter (D) mm	Tinggi (L) mm	Faktor Koreksi
50	100	1.09
75	150	1.06
100	200	1.04
125	250	1.02
150	300	1.00
175	350	0.98
200	400	0.96
250	500	0.93
300	600	0.91

Sumber: (SNI 1974-2011, 2011)

2.7. Penelitian Terdahulu

Menurut penelitian (Lamotokana dkk., 2020) Variasi substitusi sebesar 0%, 5%, 10%, 20%, dan 30% memakai abu vulkanik Dengan mutu rencana beton normal sebesar 24 MPa, setiap metode variasi yang dibuat berbentuk silinder diuji kuat tekan pada umur 28 hari untuk mengetahui pengaruh dari substitusi semen dengan abu vulkanik. Hasil penelitian substitusi tertinggi abu vulkanik ada pada metode variasi 10% yaitu 20,95 Mpa.kontrol beton normal variasi 0% didapatkan 21,04 MPa.

Tabel 2.2 Penelitian terdahulu dari jurnal nasional

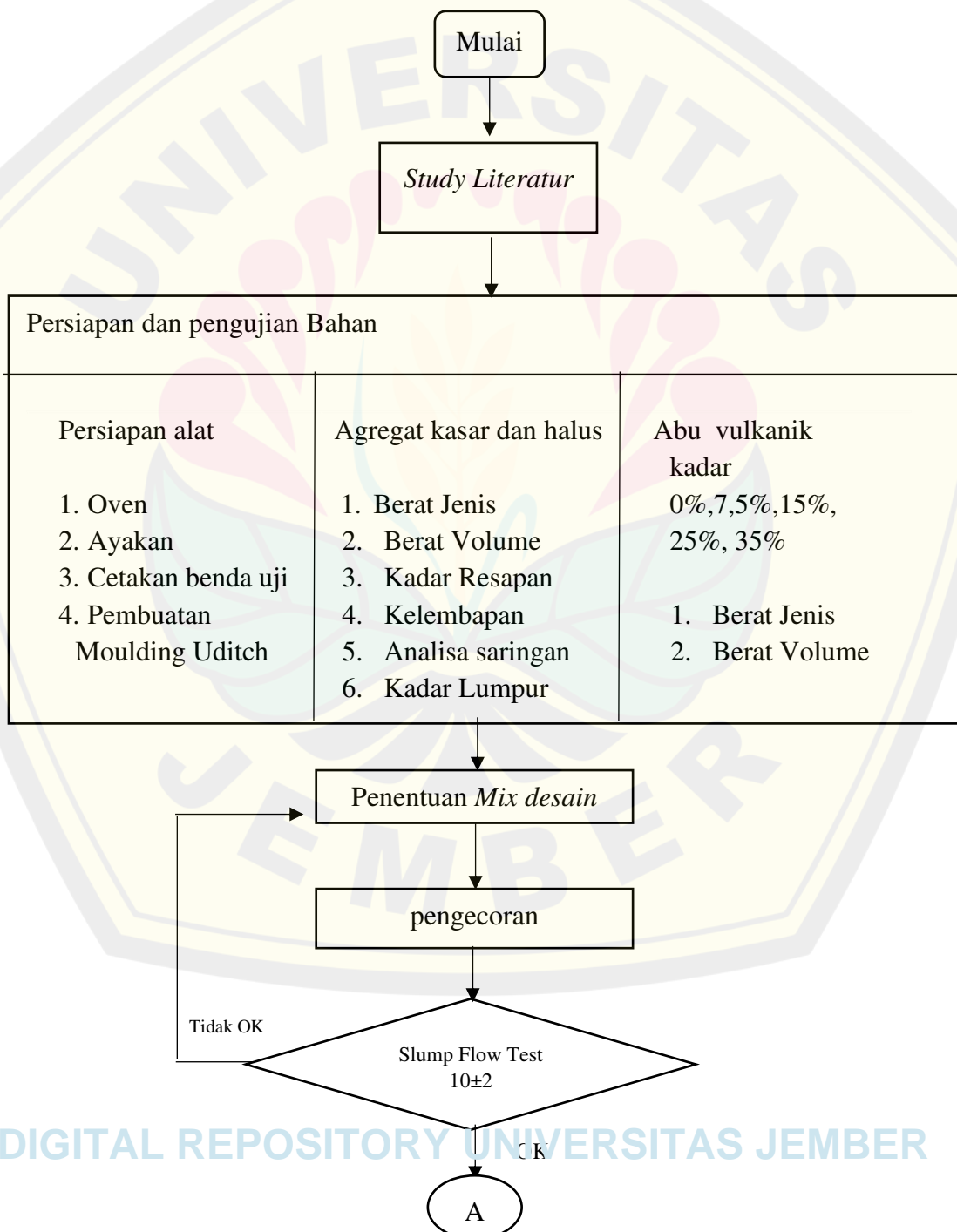
No	Parameter	Peneliti terdahulu			Peneliti terbaru
1	Peneliti	(Yuswanto,)	(Faqih and Krisnawan,	(Lamotokana L atuconsina; Adek, Suriyani,	Ahmad Edo D.S.
2	Judul	pemanfaatan abu vulkanik gunung kelud sebagai pengganti sebagian agregat halus pada beton normal	analisis kuat tekan beton dengan abu vulkanik sebagai pengganti sebagian semen	studi eksperimental abu vulkanik sebagai bahan substitusi parsial semen terhadap kuat tekan beton normal	pemanfaatan abu vulkanik gunung semeru terhadap kuat tekan beton
3	Tahun	Tidak dijelaskan	2019	2020	2022
4	Benda Uji	Beton	Beton	Beton	Beton
5	Metode	Tidak dijelaskan	Pengujian umur 14 hari	Pengujian umur 28 hari	7,14,21,28 hari
6	Asal Abu vulkanik	Tidak dijelaskan	Abu Vulkanik Gunung Merapi (2010)	Tidak dijelaskan	Abu Vulkanik Gunung Semeru (2021)
7	Komposisi Abu vulkanik (%)	Tidak dijelaskan	10, 20, 30,40	0%, 5%, 10%, 20%, dan 30%	7,5%,15%, 25%, 35%

Tabel 2.3 Penelitian terdahulu dari jurnal internasional

NO	Parameter	Peneliti terdahulu				Peneliti terbaru
1	Peneliti	(Dahiru, Ibrahim and Gado,)	(Khan <i>et al.</i> , 2019)	(Agboola Shamsudeen Abdulazeez <i>et al.</i>)	(Susanti <i>et al.</i>)	Ahmad Edo D.S.
2	Judul	Evaluation of the Effect of Volcanic Ash on the Properties of Concrete	Effect of Fineness of Basaltic Volcanic Ash on Pozzolanic Reactivity, ASR Expansion and Drying Shrinkage of Blended Cement Mortars	Strength Performance of Concrete Produced with Volcanic Ash as Partial Replacement of Cement	studies on concrete by partial replacement of cement with volcanic ash	analisis pemanfaatan abu vulkanik gunung semeru sebagai substitusi semen
3	Tahun	2019	2019	2020	2018	2022
4	Jenis Benda Uji	beton	beton	beton	beton	Beton
5	Metode	Spesimen beton diuji setelah 7, 14, 21, 28, 56, dan 90 hari.	Pengujian dengan proporsi kehalusan abu vulkanik	Pengujian kuat tekan umur 7,14,21,28 hari	Pengujian 1, 3, 7, 14, 28, and 90	Pengujian kuat tekan umur 7,14,21,28 hari
6	Asal Abu vulkanik	Abu vulkanik	Abu vulkanik	Abu vulkanik	Abu vulkanik	Abu Vulkanik Gunung Semeru
	Komposisi Abu vulkanik (%)	5%, 10%, 15% and 20%	10%, 20% and 30%	0%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, 15% and 20%	ash 20%, 22%, 25%, 27%	7.5%, 15%, 25%, 35%

BAB 3. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini adalah metodologi studi eksperimental. eksperimental di laksanakan dengan melakukan percobaan trial and error dengan menggunakan acuan dari penelitian sebelumnya. Penelitian di maksudkan untuk mengetahui kuat tekan beton terhadap substitusi semen setelah ditambahkan abu Vulkanik gunung Semeru, dengan kadar abu vulkanik 0%, 7,5%,15%, 25%, 35% dari perbandingan berat semen.



Gambar 3.1 *Flowcart* penelitian

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Uji Material Bangunan Jurusan Teknik sipil Fakultas Teknik Universitas Jember. Penyusunan Proposal dilaksanakan mulai Januari 2022. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan mulai Februari sampai Juni 2022.

3.2. Variabel Penelitian

Menurut jurnal penelitian (Purwanto, 2019) Variabel yang digunakan pada penelitian ini ada 3 yaitu variabel kontrol, Variabel tak terikat, dan variabel terikat ketiga Variabel tersebut diuraikan sebagai berikut ini:

3.2.1. Variabel bebas (*independent*)

Variabel bebas merupakan variabel yang dapat berdiri sendiri tanpa terikat dengan variabel lain serta dapat mempengaruhi variabel lainnya. Variabel independen penelitian adalah metode pembuatan beton dengan abu vulkanik sebagai substitusi semen.

3.2.2. variabel terikat (*dependen*)

variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel lain. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah pengujian kuat gaya aksial benda uji dan Kekuatan Tarik belah benda uji.

3.3. Persiapan Bahan dan Mould

Persiapan bahan dalam proses penelitian ini meliputi abu vulkanik, Agregat, dan semen Gresik,

3.3.1. Bahan Abu Vulkanik

Abu Vulkanik digunakan sebagai substitusi bahan semen, abu vulkanik yang digunakan berasal dari pasca erupsi Gunung Semeru 4 Desember 2021,

3.3.2. Agregat

Agregat yang dipersiapkan adalah pasir lumajang dan agregat kasar yang di gunakan adalah jenis batu pecah dengan proses mesin dengan ukuran 5mm-10mm.

3.4. Pengujian Material

3.4.1. Agregat Halus (Pasir)

Menurut (SNI 1970, 2008) untuk mengetahui karakteristik dan sifat dari pasir yang digunakan dalam pembuatan beton maka dilakukan pengujian yang meliputi:

a. Uji berat jenis pasir

1) Alat dan bahan yang di perlukan untuk Uji berat jenis pasir:

a) timbangan digital

- b) oven
- c) picnometer
- d) pasir dalam kondisi Saturated Surface Dry (SSD)

2) Prosedur Uji berat jenis pasir

- a) Menimbang tabung picnometer pada timbangan digital dan mencatat hasilnya
- b) Menimbang material pasir dengan kondisi SSD seberat 50 gram
- c) Memasukkan 50 gram pasir dengan kondisi SSD ke dalam tabung picnometer kemudian menimbang beratnya.
- d) Memasukkan air kedalam picnometer berisi pasir SSD kemudian dipegang dengan posisi miring dan memutar-putar hingga gelembung udara keluar
- e) Mengisi air pada picnometer sampai penuh sesuai dengan ketentuan
- f) Mengisi air pada alat Picnometer menimbangya

b. Uji berat volume pasir

1) Alat dan bahan yang di pakai untuk Uji berat volume pasir :

- a) Timbangan digital
- b) Silinder dengan takaran sedang
- c) Batang besi perojok dia.16mm
- d) Pasir kondisi kering

2) Prosedur Uji berat volume pasir

- a) Tanpa merojok material
- (1) Menimbang massa tabung silinder pada timbangan digital
- (2) Mengisi tabung silinder sampai terisi penuh dan meratakannya.

(3) Menimbang massa silinder yang telah terisi pasir kemudian mencatat

b) Tanpa merojok material

(1) Menimbang massa silinder pada timbangan digital

(2) Mengisi pasir lumajang pada silinder 1/3 bagian kemudian merojok 25 kali dan melakukan hal yang sama pada 2/3 dan 3/3 bagiannya

c. Uji kadar resapan pasir

1) Alat dan material yang di perlukan:

a) Timbangan digital

b) Oven

c) Pasir dalam keadaan Saturated Surface Dry (SSD)

2) Prosedur

a) Menimbang 100 gram pasir dalam keadaan SSD

b) Memasukkan ke dalam oven 100 gram pasir kondisi SSD selama 24 jam

c) Mengeluarkan pasir lumajang dari oven dan ditimbang

d. Uji kelembaban pasir

1) Alat dan bahan yang di perlukan untuk **Uji kelembaban pasir**:

a) timbangan digital

b) pan

c) pasir

d) oven.

2) **Prosedur untuk Uji kelembaban pasir sebagai berikut**

a) menimbang 250 gram pasir kemudian mengoven pasir dengan suhu $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam

- b) mengeluarkan pasir dari oven kemudian menimbangya dan mencatat hasil bacaan timbangan.

e. Uji analisa saringan pasir

1) Alat dan bahan yang di perlukan:

- a) satu set ayakan #4, #8, #16, #30, #50, #100, pan dan alat penggetar (shieve shaker)
- b) timbangan digital
- c) pasir lumajang kondisi kering.

2) Prosedur Uji analisa saringan pasir

- a) Menimbang 1 kg pasir
- b) Memasukkan pasir kedalam ayakan dengan ukuran sesuai urutan dan menggetarkan dengan alat sieve shaker selama 10 menit
- c) Menimbang pasir yang tertinggal di ayakan
- d) Mengontrol berat pasir lumajang hasil pengayakan dengan berat semula yaitu seberat 1000 gram.
- f. Uji kadar lumpur pasir.

1) Alat dan bahan yang di perlukan:

- a) Gelas ukur 1000 ml
- b) Aquades
- c) Pasir berlumpur

2) Prosedur

- a) Memasukkan pasir seberat 250 gram kedalam gelas ukur
- b) Memasukkan aquades ke dalam gelas ukur yang berisi pasir

- c) Mengaduk gelas ukur dengan menutup bagian atas dan membolak-balikkan berulang kali hingga lumpur dan pasir terpisah
- d) merendam selama 24 jam gelas ukur di tempat yang aman

3.4.2. Agregat Kasar (Kerikil)

Menurut (SNI 1970, 2008) untuk mengetahui karakteristik dan sifat dari agregat kasar yang digunakan dalam pembuatan beton dilaksanakan pengujian di laboratorium yang meliputi:

a. Uji berat jenis kerikil

1) Alat dan bahan yang di perlukan:

- a) Timbangan 25 kg
- b) Timba
- c) Keranjang sample
- d) Mounting table
- e) Air
- f) Kerikil dalam kondisi Saturated Surface Dry (SSD)

2) Prosedur Uji berat jenis kerikil

- a) Meniriskan kerikil yang telah terendam dalam bak berisi air selama 24 jam dan mengelapnya
- b) Menimbang kerikil dalam kondisi SSD
- c) Menimbang kerikil di dalam air

b. Uji berat volume kerikil

1) Alat dan bahan yang di perlukan:

- a) Timbangan
- b) Batang besi perojok
- c) Silinder volume 15L
- d) Kerikil kering

2) Prosedur

a) Tanpa merojok

(1) Menimbang massa silinder kering pada timbangan

(2) memasukkan agregat kasar hingga terisi penuh dan ratakan ke dalam silinder

(3) Menimbang massa silinder yang telah terisi kerikil

b) Tanpa merojok material

(1) Menimbang massa silinder kering pada timbangan

(2) Mengisi krikil 1/3 bagian dari silinder kemudian merojok sebanyak 25 kali dan lakukan hal yang sama pada 2/3 dan 3/3 bagiannya

(3) Timbang silinder dengan kerikil

c. Uji kadar resapan kerikil

1) Alat dan bahan yang di perlukan:

a) Timbangan

b) Oven

c) Kerikil kondisi Saturated Surface Dry (SSD)

2) Prosedur

a) Menimbang kerikil kondisi SSD seberat 500 gr

b) Memasukkan kerikil kondisi SSD kedalam oven kemudian di oven selama 24 jam

c) Mengeluarkan kerikil dan menimbanginya

d. Uji kelembaban kerikil

1) Alat dan bahan yang di perlukan:

a) Timbangan

b) Oven

c) Pan

d) Kerikil

2) Prosedur

a) Menimbang kerikil seberat ½ kg

b) mengoven krikil dengan temperatur $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam

c) Mengeluarkan kerikil setelah di oven dan menimbang beratnya

e. Uji analisa saringan kerikil

1) Alat dan material yang di perlukan:

- a) Alat penggetar (shieve shaker)
- b) Satu set ayakan
- c) Timbangan
- d) Pasir kondisi kering

2) Prosedur

- a) Menimbang massa kerikil 1 kg
- b) Memasukkan kerikil ke dalam ayakan dengan ukuran terbesar di posisi teratas dan menggetarkan dengan alat sieve shaker selama 10 menit
- c) Menimbang kerikil yang tersisa di ayakan
- d) Mengontrol berat kerikil sebelum dan sesudah di lakukan proses penggeratan.

f. Uji kadar lumpur kerikil.

1) Alat dan bahan yang di perlukan:

- a) Oven
- b) Timbangan
- c) Loyang
- d) Kerikil kering oven berlumpur

2) Prosedur

- a) Memasukkan kerikil berlumpur ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu $110\pm 5^{\circ}\text{C}$
- b) Menimbang kerikil 500 gr kemudian di cuci hingga lumpur hilang
- c) Mengoven dengan temperatur $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam
- d) Menimbang berat kerikil setelah di oven

3.4.3. Abu vulkanik Gunung Semeru

Pengujian abu terbang (abu vulkanik) dilakukan untuk mengetahui berat volume dan berat jenis, berikut pengujian yang dilakukan di laboratorium:

a. Uji berat jenis abu vulkanik

1) Alat dan bahan yang di perlukan:

- a) Timbangan digital dan Tabung picnometer
- b) Abu vulkanik dan oven

2) Prosedur

- a) Menimbang picnometer
- b) Menimbang abu vulkanik 25 gram
- c) Memasukkan abu vulkanik ke dalam picnometer kemudian ditimbang
- d) Memasukkan air kedalam picnometer berisi abu vulkanik kemudian dipegang dengan posisi miring dan memutar hingga gelembung udara keluar
- e) Mengisi picnometer dengan air hingga penuh
- f) Mengisi Picnometer dengan air dan ditimbang.

b. Uji berat volume abu vulkanik

1) Alat dan bahan yang di perlukan:

- a) Timbangan
- b) Silinder dengan takaran sedang dan Batang besi perojok

c) abu vulkanik

2) Prosedur

a) Tanpa merojok material

- (1) Menimbang massa silinder kering
- (2) Mengisi silinder dengan abu vulkanik hingga terisi penuh kemudian diratakan
- (3) Menimbang massa silinder dengan abu vulkanik kemudian mencatatnya.

b) Tanpa rojokan

- (1) Menimabng Silinder kosong dan Memasukkan abu vulkanik pada $\frac{1}{3}$ bagian silinder kemudian di rojok 25 kali dan melakukan hal yang sama pada $\frac{2}{3}$ dan $\frac{3}{3}$ bagiannya
- (3) Menimbang silinder dengan abu vulkanik

3.5. Desain Campuran Beton (mix desain)

Proses perhitungan campuran beton atau *mix design* berdasarkan penelitian terdahulu yang digunakan oleh Faqih, N. and Krisnawan, G. (2019) dengan judul ‘Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Abu Vulkanik Sebagai Pengganti Sebagian Semen’, *Teras*, (November 2010).

Proporsi berat yang diperoleh, dibuat campuran kering yang terdiri atas:

1. Kebutuhan semen Portland pozzolan ,
2. agregat dan abu vulkanik
3. Kebutuhan volume air,

Pembuatan benda uji abu vulkanik dengan perbandingan abu vulkanik 7,5%, 15%, 25% dan 35% dari berat semen, *Mix design* dibuat dengan mensubstitusi abu vulkanik terhadap jumlah semen yang dipakai sesuai presentase yang direncanakan. Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan saat beton umur 7, 14, 21 dan 28 hari.

Tabel 3.1 kebutuhan benda uji

No	Metode campuran	Kuat Tekan				Kuat Tarik Belah
		7	14	21	28	28
1	subtitusi 0%	3	3	3	3	3
2	subtitusi 7,5%	3	3	3	3	3
3	subtitusi 15%	3	3	3	3	3
4	subtitusi 25%	3	3	3	3	3
5	subtitusi 35%	3	3	3	3	3
Jumlah		15	15	15	15	15

Sumber: Penulis(2022)

3.6. Pembuatan Benda Uji Silinder

3.6.1. Persiapan alat untuk Pembuatan Benda Uji

- a. Loyang / cawan dan Timbangan digital
- b. Ayakan no. 200
- c. Cetok dan timba
- d. Stopwatch

e. Molen

3.6.2. Bahan pembuatan Benda Uji Silinder

- a. abu vulkanik
- b. air
- c. Pasir Lumajang dan Agregat batu pecah
- d. semen Gresik tipe PPC

3.6.3. Prosedur pembuatan benda uji

Prosedur pembuatan benda uji menurut (SNI 2493-2011) adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan agregat kasar dan halus yang telah ditimbang kedalam mesin pengaduk
2. Memasukkan bahan semen yang telah ditimbang
3. Mencampur semua material dengan mesin pengaduk sampai semua bahan merata
4. Memasukkan air secara bertahap untuk mengontrol kekentalan beton
5. Mengaduk dengan mesin pengaduk dilakukan selama 5 menit setelah memasukkan semua bahan.
6. Menuangkan beton segar kedalam cetakan setelah melalui proses pengecekan nilai slump oke atau memenuhi,
7. Menyimpan beton ditempat sesesuai SNI untuk proses perawatan beton dengan suhu ruangan.

3.7. Metode Pengujian Slump

Berdasarkan cara pengujian slump pada (SNI-1972, 2008) adalah sebagai berikut :

Membasahi cetakan dan meletakkan di atas permukaan datar atau menggunakan landasan plat besi , lembab, air tidak dan kaku. Menahan cetakan dengan kuat selama pengisian di tempat pengujian.

3.8. Perawatan Benda Uji

Metode perawatan atau curing dalam penelitian benda uji coba menggunakan perawatan suhu ruang. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya proses penguapan air berlebih pada beton.

3.9. Metode Pengujian Sifat Mekanik Beton

3.9.1. Pengujian Gaya aksial atau Kuat Tekan

Kuat tekan adalah nilai tahanan yang mampu diterima oleh beton secara aksial . Pengujian gaya aksial pada benda uji dilakukan pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari setelah pengecoran. Tes uji tekan dilaksanakan akan dibuat 3 benda uji dari setiap komposisi, sehingga total keseluruhan benda uji adalah 75 silinder. Lokasi pengujian kuat tekan dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Jember. Adapun tahapan-tahapannya sebagai berikut :

- a. Mengambil benda uji yang sudah melalui proses curing lalu Mencatatlah disetiap berat yang di hasilkan, lalu diambil rerata dari benda uji tersebut.
- c. Menentukan 2 bagian yang bertolak belakang dan yang permukaannya paling rata hal ini di lakukan agar menghasilkan kuat tekan yang optimal.
- d. Meletakkan beton ditengah alat pengujian kuat tekan beton.
- e. Memulai pengujian hingga beton mengalami retak-retak dan hentikan alat pengujian kuat tekan ketika berbunyi serta nilai rasio pada alat menunjukkan angka minus.
- f. Bersihkan hasil sisa pengujian gaya tekan aksial pada alat uji dan lakukan langkah pengujian gaya tekan aksial pada benda uji silinder beton selanjutnya.

3.9.2. Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan menggunakan alat uji kuat tekan beton. Kuat tarik belah beton diuji pada umur beton 28 hari dengan menggunakan alat compression testing machine. Setiap pengujian yang dilakukan terdiri dari 3 benda uji dengan total benda uji sebanyak 9 buah. Dengan tahapan sebagai berikut:

- a. mengambil benda uji yang sudah dilakukan perawatan.
- b. Menimbang benda uji kemudian dilakukan pencatatan untuk setiap berat benda uji dan Meletakkan beton secara horozontal pada alat uji kuat tarik belah.

d. Memulai pengujian hingga mortar mengalami retak-retak dan hentikan alat pengujian kuat tarik belah ketika berbunyi serta nilai rasio pada alat menunjukkan angka minus dan membersihkan hasil sisa pengujian kuat tarik belah.

3.10. Analisis Data

Data yang dipakai penelitian ini berupa hasil pengujian dari kuat tekan, kuat tarik belah. Analisis data pada pengujian beton ini menggunakan pendekatan analisis statistik uji normalitas ChiSquare. Uji normalitas data dilakukan untuk menyelidiki apakah perbedaan dari kuat tekan, kuat tarik belah dari sampel ke-1 hingga sampel ke-3 disebabkan oleh faktor kebetulan. Kuat tekan saat penelitian pada masing masing benda uji adalah banyaknya frekuensi yang di observasi saat penelitian dan nilai kuat tekan rerata adalah nilai frekuensi yang diharapkan. Lalu untuk kuat tarik belah pada penelitian ini nilai kuat tarik belah pada setiap benda uji adalah banyaknya frekuensi yang di observasi dan nilai kuat tarik belah rerata adalah nilai frekuensi yang diharapkan.

3.11. Distribusi *Chi-Square*

Distribusi *Chi-Square* atau chi kuadrat yang sering ditandai sebagai χ^2 adalah distribusi yang memiliki probabilitas teoritis yang kontinyu dan asimetrik. Nilai dari Chi- Square (χ^2) selalu positif dari 0 sampai ∞ atau $0 \leq \chi^2 \leq \infty$, digunakan untuk menyelidiki hasil kuat tekan beton diterima atau tidak dengan nilai statistik Chi-Square dituliskan sebagai berikut:

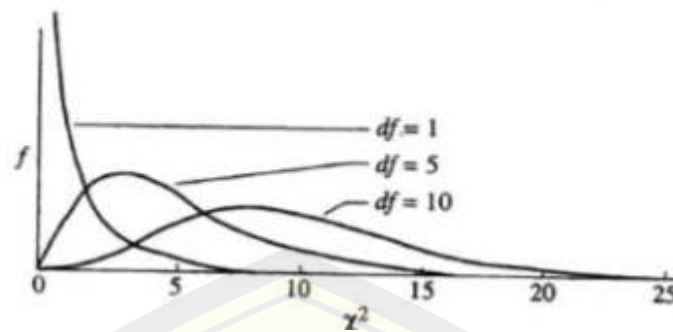
$$\chi^2 = \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \dots \dots \dots 3.1$$

Dengan keterangan:

χ^2 = Distribusi *Chi-Square*

f_o = Banyaknya frekuensi yang di observasi

f_e = Banyaknya frekuensi yang diharapkan



Gambar 3.1 Distribusi *Chi-Square* dan derajat kebebasan yang berbeda beda

Gambar di atas menunjukkan 3 jenis distribusi *Chi-Square* dengan derajat kebebasan yang berbeda satu dengan yang lainnya yaitu derajat kebebasan (df) 1, derajat kebebasan (df) 5 dan derajat kebebasan (df) 10, dimana semakin kecil nilai derajat kebebasan (df) maka semakin positif kemencengan kurva distribusi yang artinya proporsi nilai yang rendah pada distribusi semakin besar. Selain itu semakin bertambah besar nilai derajat kebebasan (df) maka distribusi bentuk kurva akan semakin simetris.

3.11.1. Uji *Chi-Square* 1 Sampel

Uji *Chi-Square* menggunakan 1 sampel untuk menguji atau mengetahui varians dari beberapa populasi jika data berupa skala interval atau berupa rasio dengan asumsi yang digunakan adalah populasi yang memiliki berdistribusi normal dan sampel dapat dipilih secara acak dari populasi. selain itu, untuk menguji kebenaran dengan distribusi *Chi-Square* (*goodness of fit*) apabila data merupakan skala nominal atau kategorik dengan asumsi yang ditetapkan untuk uji hipotesa adalah data yang berskala nominal atau kategorik, kemudian memilih data secara acak dari populasi dan terdiri n observasi independen selain itu nilai dari f_e harus lebih besar sama dengan 5.

3.11.2. Uji Chi-Square 2 Kelompok

Pengujian Chi-Square pada 2 kelompok memakai tabel kontinjensi 2x2 atau $b \times k$, dimana k adalah kolom dan b adalah baris. Jumlah sel pada k dikali dengan b . Sehingga untuk tabel 2×3 memiliki jumlah sel 6 dan 2×2 adalah 4. Contoh tabel kontinjensi dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.2 Kontinjensi $b \times k$

	kolom (k)				
	Kolom 1	Kolom 2	Kolom n	
Baris 1	b_{1k1}	b_{1k2}	b_{1kn}	
Baris (b)	Baris 2	b_{2k1}	b_{2k2}	b_{2kn}
.....	
Baris n	b_{nk1}	b_{nk2}	b_{nkn}	

Sumber: (Sugiyono ,2015)

Perbandingan 2 kelompok sebelum dan sesudah intervensi memakai tabel kontinjensi $b \times k$. Selain itu untuk membandingkan 2 kelompok kasus dan kontrol. Asumsi yang dipakai untuk pengujian Chi-Square 2 kelompok adalah data yang berskala ordinal dan ordinal dengan kategori data yang mutual, data dipilih secara acak pada populasi, jumlah dari frekuensi observasi harus sama dengan atau lebih dari 3.

Tabel 3.3 Persentase Poin Dari *Distribusi Chi-Square*

dk	Tarf Signifikansi					
	50%	30%	20%	10%	5%	1%
1	0.455	1.074	1.642	2.706	3.481	6.635
2	0.139	2.408	3.219	3.605	5.591	9.210
3	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	11.341
4	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	13.277
5	4.351	6.064	7.28	9.236	11.070	15.086
6	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	16.812
7	6.346	8.383	9.803	12.017	14.017	18.475
8	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	20.090
9	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	21.666
10	9.342	11.781	13.442	15.987	18.307	23.209
11	10.341	12.899	14.631	17.275	19.675	24.725
12	11.340	14.011	15.812	18.549	21.026	26.217
13	12.340	15.19	16.985	19.812	22.368	27.688
14	13.332	16.222	18.151	21.064	23.685	29.141
15	14.339	17.322	19.311	22.307	24.996	30.578

Sumber : Sugiyono (2015)

BAB 4. PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Agregat Halus

4.1.1. Pengujian Berat Jenis Pasir

Tabel 4.1 Hasil Pengujian berat jenis pasir lumajang

Pasir	1	2	3	Satuan
Picno+pasir+Air+(W1)	165,80	163,30	166,5	gram
Pasir SSD	50	50	50	gram
Picno+ Air	134,00	131,50	134	gram
BJ	2,747	2,747	2,86	gram
Rata-rata	2,784			

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Berdasarkan pengujian tabel 4.1 hasil pengujian berat jenis menggunakan ASTM C 128-78 sebagai acuan prosedur pengujian. Setelah melakukan pengujian berat jenis pasir. pada percobaan pertama dan percobaan kedua diperoleh nilai berat jenis sebesar 2,747 sedangkan pada percobaan ketiga terjadi kenaikan yakni 2,860, diperoleh berat jenis pengujian pasir rerata sebesar 2,784. Nilai berat jenis tersebut sesuai dengan persyaratan PUBI 1982 pasal 11 dengan klasifikasi berat jenis agregat halus berkisar antara 2,4-2,9.

4.1.2. Pengujian Berat Volume Pasir

Tabel 4.2 Hasil Pengujian berat volume pasir lumajang

Percobaan	Dengan rojokan			Tanpa Rojokan			
	1	2	3	1	2	3	
Berat silinder (w1)	7070	7070	7070	7070	7070	7070	(gram)
Berat silinder + pasir (w2)	22060	22250	22130	20470	20750	20150	(gram)
Berat pasir (w2-w1)	14990	15180	15060	13400	13680	13080	(gram)
Volume silinder	9812,39	9812,39	9812,3	9812,39	9812,39	9812,3	(cm ³)
Berat volume (w2-w1)/v	1528	1547,02	1535	1366	1394	1333	(kg/m ³)
	1536			1364			
	1450,38						Kg/m ³

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Berdasarkan pengujian yang dilakukan didapatkan hasil pada tabel 4.2

pengujian berat volume agregat halus yang telah dilakukan dengan 2 metode. Yakni metode dengan rojokan dan tanpa rojokan. Pengujian berat volume dengan rojokan diperoleh nilai berat volume rerata sebesar 1536kg/m^3 , sedangkan pengujian berat volume tanpa rojokan diperoleh berat jenis rerata sebesar 1364kg/m^3 . Berdasarkan 2 metode tersebut diambil nilai rerata sehingga diperoleh nilai rerata dari 2 metode tersebut sebesar $1450,38\text{ kg/m}^3$, berat volume tersebut sesuai dengan spesifikasi berat volume ASTM C29 M-91 dengan rentang $1,25\text{ g/cm}^3$ - $1,59\text{ g/cm}^3$. Sehingga agregat halus tersebut cocok digunakan sebagai campuran beton.

4.1.3. Pengujian Kadar Resapan Pasir

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kadar Resapan Pasir

Percobaan Nomor	1	2	3	satuan
Berat pasir SSD (W1)	100	100	100	gram
Berat pasir oven (W2)	97,8	97,40	97,20	gram
Abs = $(w1-w2)/w2*100\%$	2,25	2,67	2,88	%
Rata-rata (%)	2,60			%

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Dari tabel 4.3 hasil pengujian kadar resapan yang dilakukan sebanyak 3 kali. Pada percobaan pertama diperoleh kadar resapan sebesar 2,25%, percobaan kedua sebesar 2,67% dan pada percobaan ketiga sebesar 2,88% sehingga kadar resapan pasir rerata diperoleh 2,60% dan memenuhi standar ASTM C 128 -93 dimana rentang nilai kadar resapan pada agregat halus sebesar 1%-4%.

4.1.4. Pengujian Kelembapan pasir Pasir

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kelembapan pasir

Percobaan Nomor	1	2	3	satuan
Berat pasir asli (W1)	250,00	250,00	250,00	gram
Berat pasir oven (W2)	244,10	244,6	244,40	gram
Abs = $(w1-w2)/w2*100\%$	2,42	2,21	2,29	%
Rata-rata (%)	2,31			%

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Berdasarkan tabel 4.4 hasil Pengujian kelembapan pasir atau kadar air dilakukan sebanyak 3 kali pengujian dimana pada pengujian kelembapan pasir

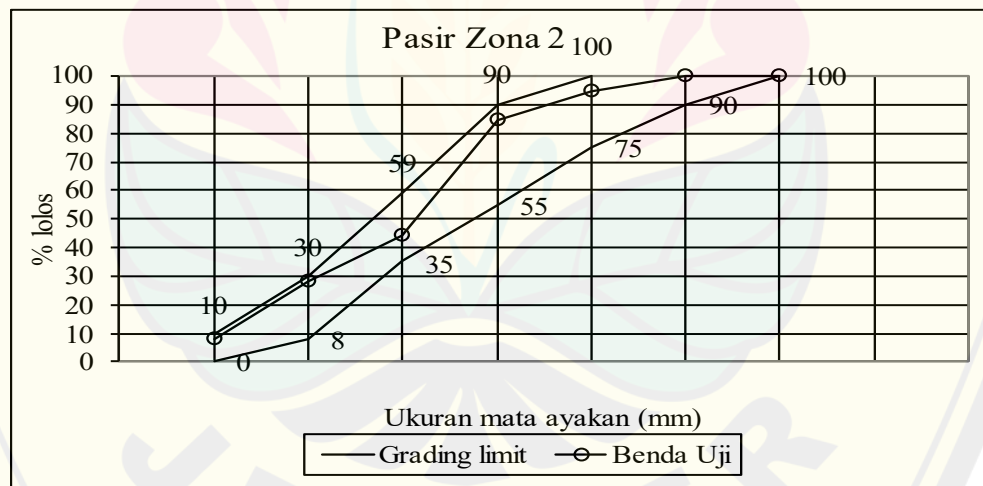
pertama diperoleh nilai sebesar 2,42%, pengujian kedua 2,21%, dan pada percobaan ketiga diperoleh 2,29% ,diperoleh nilai kelembapan pasir rata rata sebesar 2,31%.

4.1.5. Analisa Saringan Material Pasir Lumajang

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Analisa Saringan Material Pasir Lumajang

Saringan		Tinggal pada saringan		% kumulatif	
Nomor	mm	gram	%	Tinggal	Lolos
4	4,760	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,380	51,90	5,19	5,19	94,81
16	1,190	100,90	10,09	15,28	84,72
30	0,590	407,80	40,79	56,07	43,93
50	0,297	155,10	15,51	71,58	28,42
100	0,149	206,00	20,60	92,19	7,81
pan	0,000	78,10	7,81	-	-
jumlah		1000	100,00	240,32	
Modulus					
halus:	2,4032		Zona:	2	

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)



Gambar 4.1 Plotting hasil Analisis Saringan Pasir Zona 2

Berdasarkan hasil pengujian analisis saringan pasir atau agregat halus. Diperoleh hasil bahwa pasir yang di gunakan tergolong dalam zona 2. Dengan modulus kehalusan agregat sebesar 2,4032. Dimana nilai modulus halus tersebut sesuai standart dari ASTM C-33 dengan rentang modulus halus berkisar antara 1,5-3,8.

4.1.6. Kadar Lumpur Pasir Lumajang

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Pasir Lumajang

Percobaan nomor	1	2	3	satuan
Tinggi pasir (H)	250	250	250	inch
Tinggi lumpur (h)	12	11	9	inch
Kadar lumpur (h/H)*100%	4,5802	4,2146	3,4749	inch
Kadar Lumpur Rata-rata		4,090		%

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Berdasarkan tabel 4.6 hasil pengujian kadar lumpur pasir yang dilakukan sebanyak 3 kali percobaan. Dari percobaan pertama diperoleh nilai kadar lumpur sebesar 4,5802%, percobaan kedua sebesar 4,2146% dan percobaan ketiga sebesar 3,4749%. Dari ketiga percobaan tersebut diperoleh persentase kadar lumpur rerata sebesar 4,090% dimana persentase tersebut sesuai dengan spesifikasi ASTM C-33 dengan persentase kadar lumpur agregat halus maksimal sebesar 5%.

4.2. Pengujian Krikil

4.2.1. Berat Jenis Krikil

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Berat Jenis Krikil

Percobaan nomor	1	2	3	satuan
Berat di Udara	3000	3000	3000	gr
Berat dalam air	1925	1875	1900	gr
Berat Jenis	2,790	2,670	2,790	gr
Kadar Lumpur Rata-rata		2,730		%

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Setelah melakukan pengujian berat jenis kerikil berdasarkan tabel 4.7 hasil dari percobaan pertama diperoleh nilai berat jenis sebesar 2,790, percobaan kedua diperoleh nilai berat jenis sebesar 2,670 sedangkan pada percobaan ketiga terjadi kenaikan yakni 2,790. Sehingga diperoleh berat jenis rata-rata dari ketiga percobaan diatas sebesar 2,730. dimana berat jenis tersebut sesuai dengan spesifikasi yang diisyaratkan ASTM C 127-88 dengan rentang berat jenis kerikil yakni sebesar 1,63-2.

4.2.2. Berat Volume Kerikil

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Berat Volume Kerikil

Percobaan nomor	dengan rojok		tanpa rojok		satuan
Berat silinder (w1)	7,15	7,15	7,15	7,15	Kg
Berat silinder + kerikil (w2)	21,65	21,95	20,6	20,8	Kg
Berat kerikil (w2-w1)	14,5	14,8	13,45	13,65	Kg
Volume silinder(v)	9821,5	9821,5	9821,5	9821,5	Cm3
Berat volume (w2-w1)/v	0,001476	0,0015069	0,00136944	0,00139	
Rata-rata	1491,626		1379,626		
Rata-rata	1435,625				kg/cm3

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Berdasarkan hasil dari pengujian berat volume agregat kasar yang telah dilakukan dengan 2 metode berbeda, metode tanpa rojokan dan metode rojokan. Pengujian berat volume tanpa rojokan diperoleh nilai berat volume rata-rata sebesar 1379,626 kg/m³, sedangkan pengujian berat volume kerikil dengan rojokan diperoleh berat volume rerata sebesar 1491,626 kg/m³. Berdasarkan 2 metode tersebut diambil nilai rerata. Sehingga diperoleh nilai rerata sebesar 1435,625 kg/m³ dimana berat volume tersebut sesuai dengan spesifikasi berat volume dari agregat kasar yang di syatakan SNI 03-4804-1998. Sehingga agregat kasar tersebut cocok digunakan sebagai campuran beton.

4.2.3. Kadar resapan krikil

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Kadar Resapan Krikil

Percobaan Nomor	1	2	3	satuan
Berat kerikil SSD (W1)	500	500	500	gram
Berat kerikil oven (W2)	490,50	491,10	490,90	gram
Abs = (w1-w2)/w2*100%	1,94	1,81	1,85	%
Rata-rata (%)	1,87			%

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Berdasarkan tabel 4.9 hasil pengujian kadar resapan dilakukan sebanyak 3 kali percobaan. Hasil percobaan pertama diperoleh persentase kadar resapan sebesar 1,96%, percobaan kedua sebesar 1,75% dan pada percobaan ketiga sebesar

2 % sehingga persentase kadar resapan agregat kasar rata-rata 1,90% dan memenuhi standar ASTM C 127-88 dengan persentase kadar resapan maksimum sebesar 4%.

4.2.4. Kelembapan kerikil

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Kelembapan kerikil

Percobaan Nomor	1	2	3	satuan
Berat kerikil asli (W1)	500,00	500,00	500,00	(gram)
Berat kerikil oven (W2)	485,60	488,50	486,80	(gram)
$w = (w1-w2)/w2*100\%$	2,97%	2,35%	2,71%	(%)
Rata - rata (%)	2,68%			

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

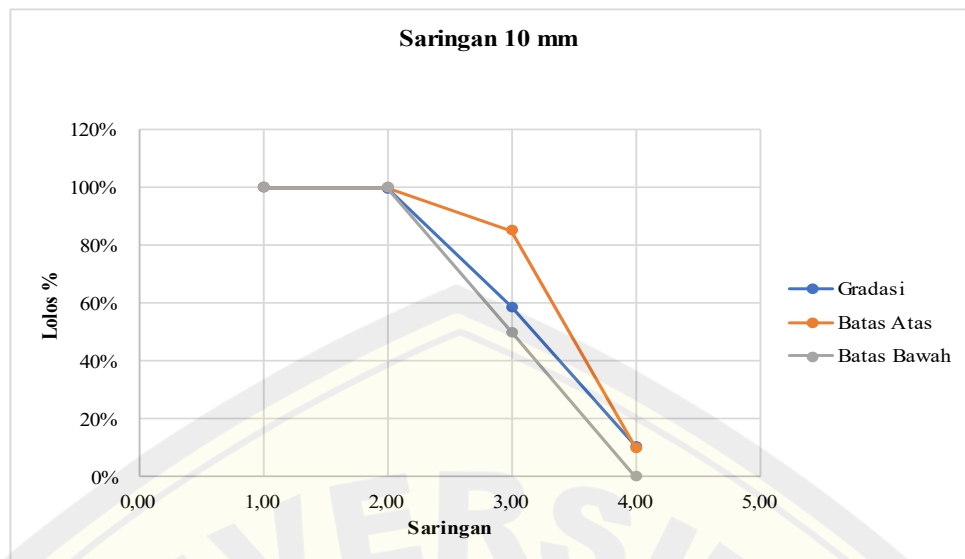
Berdasarkan hasil pengujian kelembapan kerikil dilakukan sebanyak 3 kali pengujian dimana pada pengujian kelembapan kerikil pertama diperoleh nilai sebesar 2,97%, pada pengujian kedua 2,35%, dan pada percobaan ketiga diperoleh 2,71% sehingga diperoleh persentase kelembapan kerikil rata rata sebesar 2,68%. Sesuai dengan klasifikasi ASTM C 556-89.

4.2.5. Analisa Saringan Krikil

Tabel 4.11 Hasil Pengujian Analisa Saringan Krikil

Saringan Nomor	mm	Tinggal pada saringan		% kumulatif	
		gram	%	Tinggal	Lolos
3/4		0,00	0,00	0,00	100,00
3/8		32,00	3,20	3,20	96,80
4		449,00	44,90	48,10	51,90
8		368,20	36,82	84,92	15,08
16		56,90	5,69	90,61	9,39
30		37,60	3,76	94,37	5,63
50		8,60	0,86	95,23	4,77
100		16,40	1,64	96,87	3,13
pan jumlah		31,30 1000,00	3,13 100,00	100 613,30	
Modulus halus:	6,13		Zona:	3	

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)



Gambar 4.2 Ploting hasil Analisa saringan krikil

Pengujian analisis saringan agregat kasar mengacu pada peraturan ASTM C- 33-03. Setelah melakukan pengujian analisis saringan agregat kasar. Diperoleh diameter maksimum sebesar 10 mm dengan modulus halus sebesar 6,13. Dimana nilai tersebut sesuai dengan klasifikasi yang disyaratkan ASTM C-33-03 dengan nilai modulus halus minimum 6,0 dan maksimum 7,0.

4.2.6. Kadar lumpur krikil

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Krikil

Percobaan nomor	1	2	3	satuan
Kerikil kering berlumpur (W1)	500,00	500,00	500,00	gram
Kerikil kering setelah dicuci (W2)	496,80	496,40	496,8	gram
Kadar Lumpur	0,64	0,73	0,64	%
Kadar Lumpur Rata-rata		0,66		%

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Berdasarkan tabel 4.12 hasil pengujian kadar lumpur agregat kasar yang dilakukan sebanyak 3 kali percobaan. Dari percobaan pertama diperoleh persentase kadar lumpur sebesar 0,64%, percobaan kedua sebesar 0,73% dan percobaan ketigasebesar 0,64%, pada ketiga percobaan diperoleh persentase kadar lumpur kerikil rerata sebesar 0,660% dimana persentase tersebut sesuai dengan

spesifikasi SNI S-04-1989-F dengan persentase kadar lumpur kerikil maksimum sebesar 1%.

4.3. Pengujian Abu Vulkanik Semeru

4.3.1. Pengujian Berat Jenis Abu Vulkanik Semeru

Tabel 4.13 Hasil Pengujian Berat Jenis Abu Vulkanik

Percobaan Nomor	1	2	3	Satuan
Berat picno+abu+air(w1)	149,3	140,3	149,3	gr
Berat Semen	25	25	25	gr
Berat picno+air (w2)	133,8	125,2	133,9	gr
$B_j = 50/(50-w_1+w_2)$	2,63	2,53	2,60	gr/cm ³
Rata-rata	2,59			gr/cm ³

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Berdasarkan pengujian tabel 4.13 hasil pengujian berat jenis. Setelah melakukan pengujian berat jenis Abu Vulkanik. pada percobaan pertama diperoleh nilai berat jenis sebesar 2.63, percobaan kedua diperoleh nilai berat jenis sebesar 2.53, sedangkan pada percobaan ketiga terjadi yakni 2,60 , diperoleh berat jenis rata-rata sebesar 2,59. Sesuai dengan klasifikasi menurut (ACI 226 3R-87) berat jenis sekitar 2.2 – 2.8.

4.3.2. Pengujian Berat Volume Abu Vulkanik Semeru

Tabel 4.14 Hasil Pengujian Berat Volume Abu Vulkanik Semeru

Percobaan Nomor	dengan rojok		tanpa rojok		satuan
	1	2	1	2	
Berat silinder (w1)	6900	6900	6900	6900	gr
Berat silinder + semen (w2)	10550	10600	10500	10550	gr
Berat semen (w2-w1)	3650	3700	3600	3650	gr
Volume silinder(v)	2707,12	2707,12	2707,12	2707,12	cm ³
Berat volume (w2-w1)/v	1348,30	1366,77	1329,83	1348,30	kg/m ³
	1357,53		1339,06		kg/m ³
Rata-rata	1348,30				kg/m ³

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Pengujian berat volume Abu Vulkanik Semeru yang telah dilakukan dengan 2 metode. Yakni metode dengan rojokan dan tanpa rojokan masing masing pengujian dilakukan dalam dua kali percobaan . Pengujian berat volume dengan rojokan diperoleh nilai berat volume rerata sebesar $1357,53\text{kg/m}^3$, sedangkan pengujian berat volume tanpa rojokan diperoleh berat jenis rerata sebesar $1339,06/\text{m}^3$. Berdasarkan 2 metode tersebut diambil nilai rerata sehingga diperoleh nilai rerata dari 2 metode tersebut sebesar $1348,30\text{kg/m}^3$

4.4. Mix Design

Perencanaan campuran dilakukan dengan menghitung terlebih dahulu sesuai form menurut SNI 03-2834-2000 perencana campuran setelah itu menggantikan Sebagian semen sesuai dengan presentase perencanaan, berdasarkan hasil perhitungan didapatkan proporsi campuran seperti pada tabel 4.15 beriku t:

Tabel 4.15 Proporsi Campuran Beton Normal Abu Vulkanik Semeru untuk 15 benda uji

No		Satuan	Keterangan
	kuat tekan yang diisyaratkan, pada umur 28 hari (f'c)	Mpa	MIX DESIGN
1	30		Fc'-300
2	devisiasi standar (s)	Mpa	
	nilai tambah (m)	Mpa	
	kuat tekan rerata yang direncanakan (f'cr)	Mpa	
3	Jenis semen	semen	PCC (semen gresik)
4	jenis agregat kasar	batu pecah	
5	jenis agregat halus	pasir alami	
6	FAS bebas	0,51	
7	FAS maksimum	0,6	
8	dipakai fas yang terendah (dipakai)	0,51	
9	nilai slump	80-120	mm
10	ukuran maksima krikil	10	mm
11	kebutuhan air	180	kg/m ³
12	kebutuhan semen portland	352,94	kg/m ³
	minimum	325,00	kg/m ³
13	kebutuhan semen portland yang dipakai	352,94	kg/m ³

No.	Uraian	Satuan	Keterangan
	susunan besar butir agregat halus persen material lebih halus dari		%
14	4,80 mm berat jenis relatif agregat	52,50	
15	campuran	2,73	
16	berat jenis beton	2473,00	
17	Kebutuhan agregat gabungan	1940,06	kg/m ³
18	Kebutuhan agregat halus	1018,53	kg/m ³
19	Kebutuhan agregat kasar	921,53	kg/m ³

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Tabel 4.16 Rekapitulasi Bahan untuk Pengecoran 15 Benda Uji Setiap Metode

	metode 1 (0%)	metode 2 (7,5%)	metode 3 (15%)	metode 4 (25%)	metode 5 (35%)	jumlah total
semen (kg)	8,31	7,69	7,07	6,23	5,40	34,70
pasir (kg)	23,92	23,92	23,92	23,92	23,92	119,58
krikil (kg)	21,88	21,88	21,88	21,88	21,88	109,39
abu (kg)	0,00	0,62	1,25	2,08	2,91	6,86
air (liter)	4,13	4,13	4,13	4,13	4,13	4,13

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

4.5. Pengujian Slump Beton

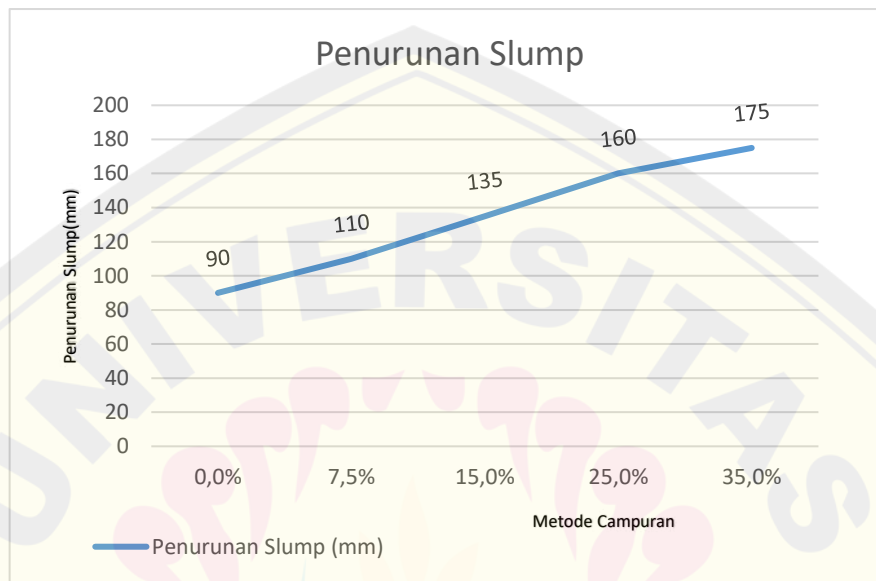
Pengujian slump beton berdasarkan (SNI-1972, 2008) dapat dilihat pada tabel 4.17 berikut:

Tabel 4.17 Hasil pengujian Slump Beton

No	Metode	Slump (mm)
1	subtitusi 0%	90
2	subtitusi 7,5%	110
3	subtitusi 15%	135
4	subtitusi 25%	160
5	subtitusi 35%	175

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Pengecoran metode dilakukan sebanyak dua kali dikarenakan penggunaan alat yang terbatas ketika pengecoran, pencampuran metode 7,5% dilakukan pengecoran dan mendapatkan hasil nilai slump yang berbeda yaitu pengecoran pertama sebesar 110mm dan pengecoran kedua 100mm terdapat selisih 10mm masih tercapai sesuai dengan kuat tekan rencana 10 ± 2 . Ketidak homogenan nilai slump disebabkan perlakuan dalam mencampur tidak sama.



Gambar 4.3 Hasil pengujian Slump Beton

Berdasarkan hasil pengujian slump pada tabel 4.16 dan gambar 4.1 dihasilkan nilai slump beton metode 0% sebesar 90mm dan slump tertinggi pada metode 35% dengan nilai slump sebesar 175mm, semakin besar nilai substitusi yang diberikan maka akan semakin besar nilai slump yang diperoleh.

4.6. Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat Tekan Beton diuji pada umur beton 7,14,21 dan 28 hari, pengujian menggunakan acuan prosedur pengujian kuat tekan beton menggunakan SNI 03-1974-2011, bentuk benda uji adalah silinder berukuran diameter 10cm dan tinggi 20cm yang telah melalui proses curing ruangan di ruang Laboratorium Teknik Sipil Universitas Jember.

4.6.1. Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

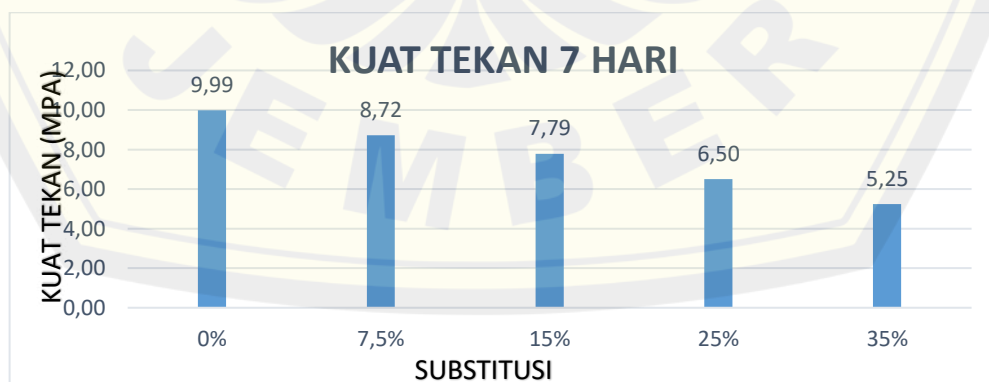
Pengujian gaya aksial beton dilakukan setelah beton berumur 7 hari dan telah

dilakukan proses curing dengan suhu ruang di laboratorium. Pengujian kuat tekan dilakukan pada setiap metode substitusi semen, setiap metode menggunakan 3 benda uji silinder, diperoleh hasil pengujian gaya tekan aksial beton pada tabel 4.18 berikut:

Tabel 4.18 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 7 Hari

NO.	Metode	Penomoran Benda Uji	Massa (Kg)	P dial (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rerata (Mpa)	Berat Volume (kg/m ³)	Berat Volume Rerata (kg/m ³)
1	0%	A-7-1	3,7384	80,87	10,30		2381,15	
		A-7-2	3,9052	81,02	10,32	9,99	2487,37	2417,53
		A-7-3	3,7430	73,26	9,33		2384,08	
2	7,5%	B-7-1	3,7050	80,95	10,31		2359,87	
		B-7-2	3,7295	64,67	8,24	8,72	2375,48	2387,79
		B-7-3	3,8120	59,62	7,59		2428,03	
3	15%	C-7-1	3,8481	50,45	6,43		2451,00	
		C-7-2	3,8565	68,64	8,74	7,79	2456,37	2446,38
		C-7-3	3,8179	64,26	8,19		2431,76	
4	25%	D-7-1	4,0241	49,34	6,29		2563,10	
		D-7-2	3,8212	49,08	6,25	6,50	2433,86	2473,80
		D-7-3	3,8064	54,66	6,96		2424,44	
5	35%	E-7-1	4,2266	40,38	4,67		2441,80	
		E-7-2	4,2453	54,42	6,29	5,25	2452,60	2448,96
		E-7-3	4,2451	41,44	4,79		2452,48	

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)



Gambar 4.4 Pengujian Kuat Tekan Beton 7 Hari

Berdasarkan Tabel 4.17 dan gambar 4.2 pengujian gaya tekan aksial 7 hari, dengan membandingkan presentase beberapa metode campuran semakin banyak substitusi abu vulkanik semakin menyusut hasilnya, setelah pengujian selain kuat tekan beton tertinggi ada pada campuran 0% kuat tekan tertinggi yaitu 9,99 MPa sebagai pembanding dengan berat volume 2417,53 kg/m³, dibawahnya ada pada substitusi 7,5% hasil kuat tekan beton rerata 8,72 MPa dengan berat volume 2387,79 kg/m³, substitusi 15% dengan kuat tekan beton rerata 7,79 MPa dan berat volume 2446,38 kg/m³. Metode ketiga substitusi 15% hasil kuat tekan beton rerata 7,79 MPa dan berat volume rerata 2446,38 kg/m³. Metode keempat substitusi 25% hasil kuat tekan 6,50 MPa dan berat volume rerata 2473,80 kg/m³. Metode kelima 35% hasil kuat tekan rerata 5,25 MPa dan berat volume rerata 2448,96 kg/m³. Berat volume dari masing-masing metode termasuk kategori beton normal dengan klasifikasi mengacu pada SNI 03-2384-2000 berat volume beton normal berkisar antara 2200-2500 kg/m³.

4.6.2. Analisis Statistik Kuat Tekan Umur 7 Hari

Pengujian data *chi square* dilakukan pada hasil uji gaya tekan aksial beton umur 7 hari menggunakan taraf signifikansi sebesar 90% maka

$$Df = n-1$$

$$Df = 3-1 = 2$$

Taraf signifikan 90% tabel distribusi x^2 didapatkan :

$$x^2 (0,90;9n-1) = 0,211$$

jika $x^2 < x^2 (0,90;(n-1))$ data dapat diterima

jika $x^2 > x^2 (0,90;(n-1))$ data ditolak

$$O = 10,30 \text{ MPa}$$

$$e = 9,99 \text{ MPa}$$

$$x^2 = \frac{(10,3 - 9,99)^2}{9,99}$$

$\chi^2 = 0,02 < 0,211$ maka data dapat diterima.

perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.19 berikut

Tabel 4.19 Uji Chi-Square Kuat Tekan Beton 7 hari

NO.	Substitusi Abu	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rerata (Mpa)	Chi Square	Chi Square rerata	Taraf Signifikasi
		o	e	$\chi^2 = (o-e)^2/e$	χ^2	$\chi^2 (0,90;(n-1))$
1	0%	10,30	9,99	0,010	0,02	0,211
		10,32		0,011		
		9,33		0,043		
2	7,5%	10,31	8,72	0,293	0,15	0,211
		8,24		0,026		
		7,59		0,144		
3	15%	6,43	7,79	0,237	0,13	0,211
		8,74		0,118		
		8,19		0,021		
4	25%	6,29	6,50	0,007	0,02	0,211
		6,25		0,009		
		6,96		0,033		
5	35%	4,67	5,25	0,064	0,10	0,211
		6,29		0,206		
		4,79		0,040		

Sumber: Hasil Analisis (2022)

Berdasarkan uji normalitas chi-square pada hasil pengujian kekuatan tahanan (P) beton umur 7 hari dari setiap sampel data diperoleh nilai $\chi^2 < \chi^2 (0,90;(n-1))$ maka data dapat diterima (Sugiono,2015).

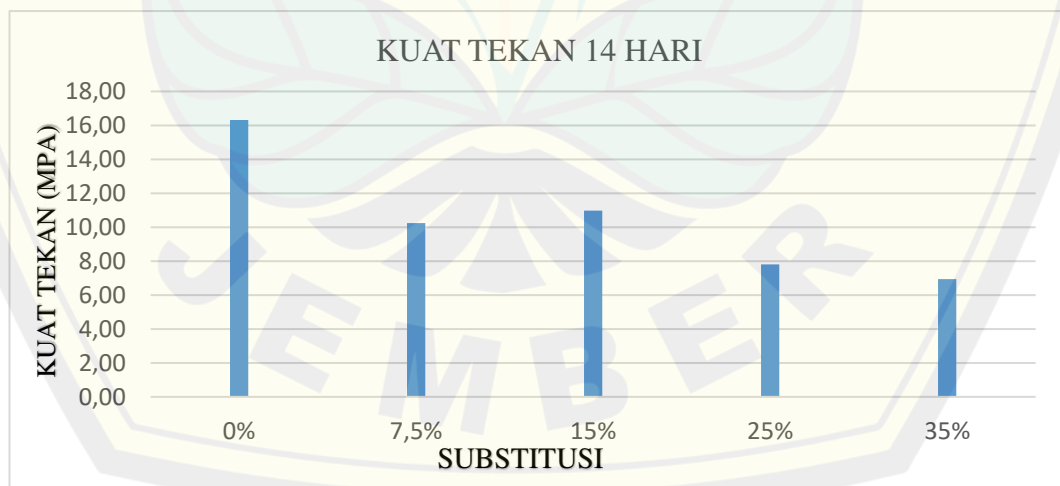
4.6.3. Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

Pengujian gaya tekan aksial beton dilakukan setelah beton berumur 14 hari dan telah dilakukan proses curing dengan suhu ruang di laboratorium. Pengujian kuat tekan dilakukan pada setiap metode substitusi semen, setiap metode menggunakan 3 benda uji silinder. diperoleh hasil pengujian kuat tekan beton pada tabel 4.20 berikut:

Tabel 4.20 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 14 Hari

No.	Substitusi Abu	Penomoran Benda Uji	Massa (Kg)	P dial (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rerata (Mpa)	Berat Volume (kg/m ³)	Berat Volume Rerata (kg/m ³)
1	0%	A-14-1	3,7188	122,2	15,57		2368,66	
		A-14-2	3,8404	126,58	16,12	16,31	2446,11	2386,43
		A-14-3	3,6809	135,4	17,25		2344,52	
2	7,5%	B-14-1	3,7462	90,93	11,58		2386,11	
		B-14-2	3,9122	77,03	9,81	10,25	2491,85	2428,79
		B-14-3	3,7812	73,31	9,34		2408,41	
3	15%	C-14-1	3,6952	94,67	12,06		2353,63	
		C-14-2	3,9255	70,24	8,95	10,97	2500,32	2429,98
		C-14-3	3,8245	93,41	11,90		2435,99	
4	25%	D-14-1	3,8002	72,51	9,24		2420,51	
		D-14-2	3,7660	57,44	7,32	7,80	2398,73	2403,04
		D-14-3	3,7521	53,71	6,84		2389,87	
5	35%	E-14-1	4,1957	62,82	7,26		2423,96	
		E-14-2	4,2559	62,69	7,24	6,94	2458,74	2433,13
		E-14-3	4,1831	54,71	6,32		2416,68	

Sumber: Pengujian Laboratorium (2022)



Gambar 4.5 Pengujian Kuat Tekan Beton 14 Hari

Berdasarkan Tabel 4.20 dan gambar 4.3 pengujian kuat tekan beton 14 hari, dengan membandingkan presentase beberapa metode campuran semakin banyak substitusi abu vulkanik semakin menyusut hasilnya, setelah pengujian selain kuat tekan beton tertinggi ada pada campuran 0% kuat tekan tertinggi yaitu 16,31 MPa sebagai pembanding dengan berat volume 2386,43 kg/m³, metode kedua substitusi 7,5% hasil kuat tekan beton rerata 10,25 MPa dengan berat volume 2428,79 kg/m³. Metode ketiga substitusi 15% hasil kuat tekan beton rerata 10,97 MPa dan berat volume rerata 2429,98 kg/m³. Metode keempat substitusi 25% hasil kuat tekan 7,80 MPa dan berat volume rerata 2403,04 kg/m³. Metode kelima 35% hasil kuat tekan rerata 6,94 MPa dan berat volume rerata 2422,13 kg/m³. Berat volume dari masing-masing metode termasuk kategori beton normal dengan klasifikasi mengacu pada SNI 03-2384-2000 berat volume beton normal berkisar antara 2200-2500 kg/m³.

4.6.4. Analisis Statistik Kuat Tekan Umur 14 Hari

Pengujian data *chi square* dilakukan pada hasil uji kuat tekan beton umur 14 hari menggunakan taraf signifikansi sebesar 90% maka

$$Df = n-1$$

$$Df = 3-1 = 2$$

Taraf signifikan 90% tabel distribusi χ^2 didapatkan :

$$\chi^2 (0,90; 9n-1) = 0,211$$

jika $\chi^2 < \chi^2 (0,90; (n-1))$ data dapat diterima

jika $\chi^2 > \chi^2 (0,90; (n-1))$ data ditolak

$$O = 15,57 \text{ MPa}$$

$$e = 16,31 \text{ MPa}$$

$$\chi^2 = \frac{(15,57 - 16,31)^2}{16,31}$$

$$\chi^2 = 0,03 < 0,211 \text{ maka data dapat diterima.}$$

perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.21 berikut:

Tabel 4.21 Uji Chi-Square Kuat Tekan Beton 14 hari

NO.	Substitusi Abu	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rerata (Mpa)	Chi Square	Chi Square rerata	Taraf Signifikasi
		o	e	$x^2 = \frac{(o-e)^2}{e}$	x^2	$x^2 (0,90:(n-1))$
1	0%	15,57	16,31	0,034	0,03	0,211
		16,12		0,002		
		17,25		0,054		
2	7,5%	11,58	10,25	0,175	0,09	0,211
		9,81		0,018		
		9,34		0,080		
3	15%	12,06	10,97	0,108	0,19	0,211
		8,95		0,372		
		11,90		0,079		
4	25%	9,24	7,80	0,265	0,14	0,211
		7,32		0,030		
		6,84		0,117		
5	35%	7,26	6,94	0,015	0,03	0,211
		7,24		0,013		
		6,32		0,055		

Sumber: Hasil Analisis (2022)

Berdasarkan uji normalitas chi-square pada hasil pengujian kuat tekan beton umur 14 hari dari setiap sampel data diperoleh nilai $x^2 < x^2 (0,90:(n-1))$ maka data dapat diterima (Sugiono,2015).

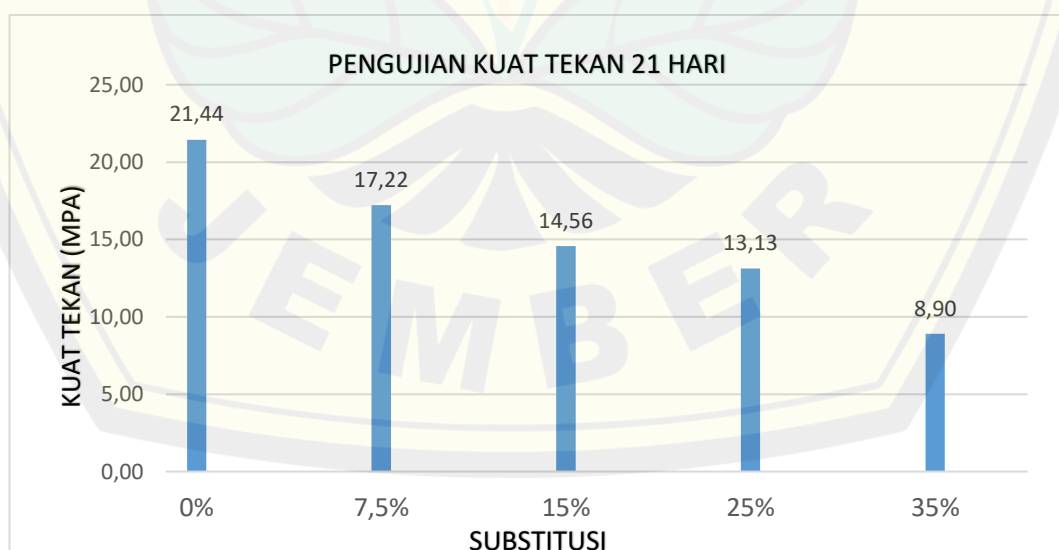
4.6.5. Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari

Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah beton berumur 21 hari dan telah dilakukan proses curing dengan suhu ruang di laboratorium. Pengujian kuat tekan dilakukan pada setiap metode substitusi, setiap metode menggunakan 3 benda uji silinder. diperoleh hasil pengujian kuat tekan beton pada tabel 4.21 berikut:

Tabel 4.22 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 21 Hari

N0.	Substitusi Abu	Penomoran Benda Uji	Massa (Kg)	P dial (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rerata (Mpa)	Berat Volume (kg/m ³)	Berat Volume Rerata (kg/m ³)
1	0%	A-21-1	3,6020	165	21,02		2294,27	2317,20
		A-21-2	3,5220	178	22,68	21,44	2243,31	
		A-21-3	3,7900	162	20,64		2414,01	
2	7,5%	B-21-1	3,5500	137	17,45		2261,15	2332,06
		B-21-2	3,5950	140	17,83	17,52	2289,81	
		B-21-3	3,8390	135,6	17,27		2445,22	
3	15%	C-21-1	4,0010	120	15,29		2548,41	2365,82
		C-21-2	3,4800	115	14,65	14,56	2216,56	
		C-21-3	3,6620	108	13,76		2332,48	
4	25%	D-21-1	3,7350	106	13,50		2378,98	2358,81
		D-21-2	3,6700	108	13,76	13,13	2337,58	
		D-21-3	3,7050	95,1	12,11		2359,87	
5	35%	E-21-1	4,2330	75	8,67		2445,51	2400,26
		E-21-2	4,0830	73	8,43	8,90	2358,85	
		E-21-3	4,1480	83	9,59		2396,41	

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)



Gambar 4.6 Pengujian Kuat Tekan Beton 21 Hari

Berdasarkan Tabel 4.22 dan gambar 4.6.. pengujian kuat tekan beton 21 hari , dengan membandingkan presentase beberapa metode campuran semakin banyak substitusi abu vulkanik semakin menurun kuat tekan beton, setelah pengujian selain kuat tekan beton tertinggi ada pada campuran 0% kuat tekan tertinggi yaitu 22,29 MPa sebagai pembanding dengan berat volume 2317,2kg/m³ , metode kedua substitusi 7,5% hasil kuat tekan beton rerata 17,52 MPa dengan berat volume 2332,06 kg/m³. Metode ketiga substitusi 15% hasil kuat tekan beton rerata 14,56 MPa dan berat volume rerata 2365,82 kg/m³. Metode keempat substitusi 25% hasil kuat tekan 13,13 MPa dan berat volume rerata 2358,81/m³. Metode kelima 35% hasil kuat tekan rerata 8,90 MPa dan berat volume rerata 2400,26 kg/m³. Berat volume dari masing-masing metode termasuk kategori beton normal dengan klasifikasi mengacu pada SNI 03-2384-2000 berat volume beton normal berkisar antara 2200-2500 kg/m³.

4.6.6. Analisis Statistik Kuat Tekan Umur 21 Hari

Pengujian data *chi square* dilakukan pada hasil uji kuat tekan beton umur 21 hari menggunakan taraf signifikansi sebesar 90% maka

$$Df = n-1$$

$$Df = 3-1 = 2$$

Taraf signifikan 90% tabel distribusi x^2 didapatkan :

$$x^2 (0,90;9n-1) = 0,211$$

jika $x^2 < x^2 (0,90;(n-1))$ data dapat diterima

jika $x^2 > x^2 (0,90;(n-1))$ data ditolak

$$O = 21,021 \text{ MPa}$$

$$e = 21,44 \text{ MPa}$$

$$x^2 = \frac{(21,021 - 21,44)^2}{21,44}$$

$x^2 = 0,008 < 0,211$ maka data dapat diterima.

perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.23 berikut

Tabel 4.23 Uji Chi-Square Kuat Tekan Beton 21 hari

No.	Substitusi Abu	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rerata (Mpa)	Chi Square	Chi Square rerata	Taraf Signifikasi
		o	e	$x^2 = \frac{(o-e)^2}{e}$	x^2	$x^2 (0,90;(n-1))$
1	0%	21,02	21,44	0,008	0,04	0,211
		22,68		0,071		
		20,64		0,03		
2	7,5%	17,45	17,52	0,0003	0,00	0,211
		17,83		0,006		
		17,27		0,003		
3	15%	15,29	14,56	0,03578	0,03	0,211
		14,65		0,0005		
		13,76		0,04469		
4	25%	13,50	13,13	0,011	0,04	0,211
		13,76		0,030		
		12,11		0,078		
5	35%	8,67	8,90	0,006	0,03	0,211
		8,43		0,024		
		9,59		0,054		

Sumber: Hasil Analisis (2022)

Berdasarkan uji normalitas chi-square pada hasil pengujian kuat tekan beton umur 21 hari dari setiap sampel data diperoleh nilai $x^2 < x^2 (0,90;(n-1))$ maka data dapat diterima (Sugiono,2015).

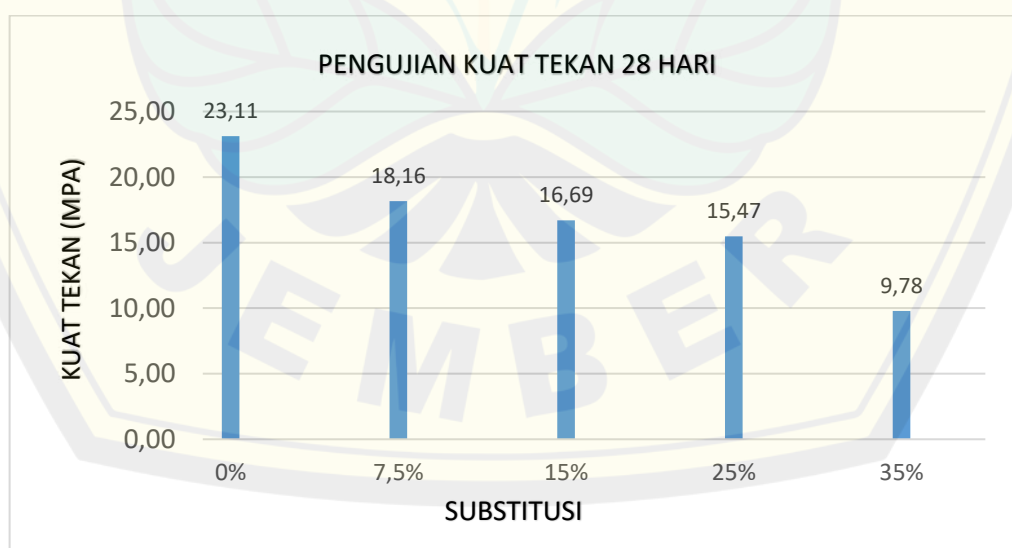
4.6.7. Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah beton berumur 28 hari dan telah dilakukan proses curing dengan suhu ruang di laboratorium. Pengujian kuat tekan dilakukan pada setiap metode substitusi, setiap metode menggunakan 3 benda uji silinder. diperoleh hasil pengujian kuat tekan beton pada tabel 4.24 berikut:

Tabel 4.24 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 28 Hari

N0.	Substitusi Abu	Penomoran Benda Uji	Massa (Kg)	Pdial (kN)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rerata (Mpa)	Berat Volume (kg/m ³)	Berat Volume Rerata (kg/m ³)
1	0%	A-28-1	3,655	183,2	23,34		2328,03	
		A-28-2	3,712	176	22,42	23,11	2364,33	2309,55
		A-28-3	3,511	185	23,57		2236,31	
2	7,5%	B-28-1	3,642	145	18,47		2319,75	
		B-28-2	3,742	143	18,22	18,16	2383,44	2306,37
		B-28-3	3,479	139,7	17,80		2215,92	
3	15%	C-28-1	3,685	129	16,43		2347,13	
		C-28-2	3,847	130	16,56	16,69	2450,32	2410,19
		C-28-3	3,820	134	17,07		2433,12	
4	25%	D-28-1	3,685	118	15,03		2347,13	
		D-28-2	3,957	122	15,54	15,47	2520,38	2377,07
		D-28-3	3,554	124,3	15,83		2263,69	
5	35%	E-28-1	4,166	88,01	10,17		2406,81	
		E-28-2	4,234	76,88	8,88	9,78	2446,09	2427,03
		E-28-3	4,203	89,01	10,28		2428,18	

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)



Gambar 4.7 Pengujian Kuat Tekan Beton 28 Hari

Berdasarkan Tabel 4.24 dan gambar 4.7 pengujian kuat tekan beton 28 hari, dengan membandingkan presentase beberapa metode campuran semakin banyak substitusi abu vulkanik semakin menyusut hasilnya, setelah pengujian selain kuat tekan beton tertinggi ada pada campuran 0% kuat tekan tertinggi yaitu 23,11 MPa sebagai pembanding dengan berat volume 2309,55kg/m³, metode kedua substitusi 7,5% hasil kuat tekan beton rerata 18,16 MPa dengan berat volume 2306,37 kg/m³. Metode ketiga substitusi 15% hasil kuat tekan beton rerata 16,69 MPa dan berat volume rerata 2410,19 kg/m³. Metode keempat substitusi 25% hasil kuat tekan 15,47 MPa dan berat volume rerata 2377,07 kg/m³. Metode kelima 35% hasil kuat tekan rerata 9,78 MPa dan berat volume rerata 2427,03 kg/m³. Berat volume dari masing-masing metode termasuk kategori beton normal dengan klasifikasi mengacu pada SNI 03-2384-2000 berat volume beton normal berkisar antara 2200-2500 kg/m³

4.6.8. Analisis Statistik Kuat Tekan Umur 28 Hari

Pengujian data *chi square* dilakukan pada hasil uji kuat tekan beton umur 28 hari menggunakan taraf signifikansi sebesar 90% maka

$$Df = n-1$$

$$Df = 3-1 = 2$$

Taraf signifikan 90% tabel distribusi x^2 didapatkan :

$$x^2 (0,90;9n-1) = 0,211$$

jika $x^2 < x^2 (0,90;(n-1))$ data dapat diterima

jika $x^2 > x^2 (0,90;(n-1))$ data ditolak

$$O = 23,34 \text{ MPa}$$

$$e = 22,23,11 \text{ MPa}$$

$$x^2 = \frac{(23,34 - 22,11)^2}{22,11}$$

$$x^2 = 0,010 < 0,211 \text{ maka data dapat diterima.}$$

perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.25 berikut

Tabel 4.25 Uji Chi-Square Kuat Tekan Beton 28 hari

NO.	Substitusi Abu	Kuat Tekan (Mpa)		Chi Square	Chi Square rerata	Taraf Signifikasi
		o	e			
1	0%	23,34	23,11	$\frac{(o-e)^2}{e}$	0,0106	0,211
		22,42		0,020		
		23,57		0,009		
2	7,5%	18,47	18,16	$\frac{(o-e)^2}{e}$	0,0043	0,211
		18,22		0,000		
		17,80		0,007		
3	15%	16,43	16,69	$\frac{(o-e)^2}{e}$	0,0045	0,211
		16,56		0,001		
		17,07		0,009		
4	25%	15,03	15,47	$\frac{(o-e)^2}{e}$	0,01	0,211
		15,54		0,000		
		15,83		0,009		
5	35%	10,17	9,78	$\frac{(o-e)^2}{e}$	0,04	0,211
		8,88		0,082		
		10,28		0,026		

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)

Berdasarkan uji normalitas chi-square pada hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari dari setiap sampel data diperoleh nilai $x^2 < x^2_{(0,90):(n-1)}$ maka data dapat diterima (Sugiono,2015).

4.7. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari

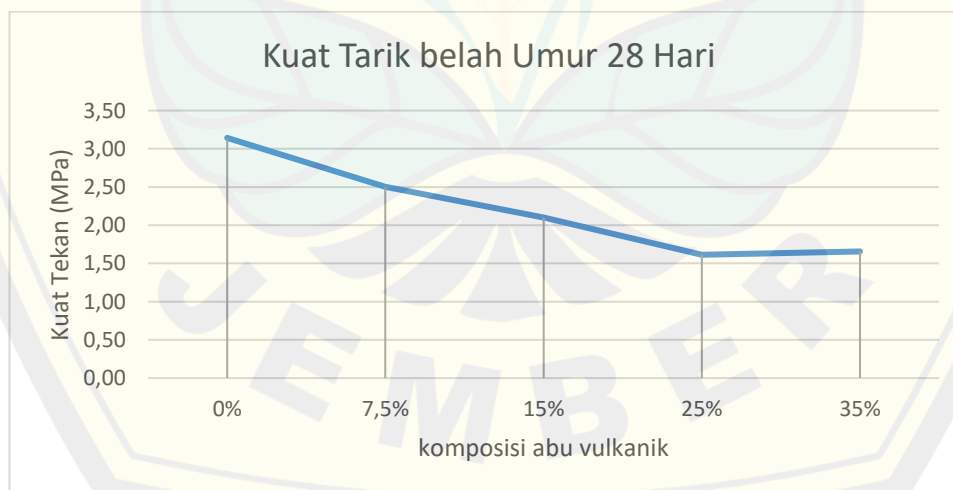
4.7.1. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari

Pengujian kuat Tarik Belah beton dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari dan telah dilakukan proses curing dengan suhu ruang di laboratorium. Pengujian kuat tekan dilakukan pada setiap metode substitusi, masing-masing menggunakan 3 benda uji silinder. diperoleh hasil pengujian kuat tekan beton pada tabel 4.26 berikut:

Tabel 4.26 Hasil Pengujian Kuat Tarik belah Beton 28 Hari

N0.	Substitusi Abu	Penomoran Benda Uji	Massa (Kg)	P dial (kN)	Kuat Tarik Belah Beton (Mpa)	Kuat Tarik Belah Beton Rerata (Mpa)	Berat Volume (kg/m ³)	Berat Volume Rerata (kg/m ³)
1	0%	A-28-1	3,6720	96	3,06	3,14	2338,85	2399,79
		A-28-2	3,8210	102	3,25			
		A-28-3	3,8100	98	3,12			
2	7,5%	B-28-1	3,5150	80	2,55	2,50	2238,85	2401,06
		B-28-2	4,1940	78	2,48			
		B-28-3	3,6000	77,6	2,47			
3	15%	C-28-1	3,8960	67	2,13	2,10	2481,53	2453,08
		C-28-2	3,8750	66	2,10			
		C-28-3	3,7830	65	2,07			
4	25%	D-28-1	3,7950	49	1,56	1,61	2417,20	2431,00
		D-28-2	3,9190	52	1,66			
		D-28-3	3,7360	51	1,62			
5	35%	E-28-1	4,1550	52	1,66	1,66	2400,45	2439,74
		E-28-2	4,2990	54	1,72			
		E-28-3	4,2150	53	1,59			

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)



Gambar 4.8 Pengujian Kuat Tarik belah Beton 28 Hari

Berdasarkan Tabel 4.26 dan gambar 4.8 pengujian kuat tarik belah beton 28 hari , dengan membandingkan presentase beberapa metode campuran semakin

banyak substitusi abu vulkanik semakin menurun kuat Tarik belah beton, setelah pengujian selain kuat tekan beton tertinggi ada pada campuran 0% kuat tekan tertinggi yaitu 3,14 MPa sebagai pembanding dengan berat volume 2399,79 kg/m³, metode kedua substitusi 7,5% hasil kuat tekan beton rerata 2,5 MPa dengan berat volume 2401,06 kg/m³. Metode ketiga substitusi 15% hasil kuat tekan beton rerata 2,1 MPa dan berat volume rerata 2431 kg/m³. Metode keempat substitusi 25% hasil kuat tekan 1,61 MPa dan berat volume rerata 2431 kg/m³. Metode kelima 35% hasil kuat tekan rerata 1,66 MPa dan berat volume rerata 2439,74 kg/m³. Berat volume dari masing-masing metode termasuk kategori beton normal dengan klasifikasi mengacu pada SNI 03-2384-2000 berat volume beton normal berkisar antara 2200-2500 kg/m³

Tabel 4.27 Uji Chi-Square Kuat Tari Belah Beton 28 hari

NO.	Substitusi Abu	Kuat Tarik Belah Beton (Mpa)	Kuat Tarik Belah Beton Rerata (Mpa)	Chi Square	Chi Square rerata	Taraf Signifikasi
		<i>o</i>	<i>e</i>	$\chi^2 = \frac{(o-e)^2}{e}$	χ^2	$\chi^2 (0,90; (n-1))$
1	0%	3,06	3,14	0,002	0,0020	0,211
		3,25		0,004		
		3,12		0,000		
2	7,5%	2,55	2,50	0,001	0,0004	0,211
		2,48		0,000		
		2,47		0,000		
3	15%	2,13	2,10	0,000	0,0003	0,211
		2,10		0,000		
		2,07		0,000		
4	25%	1,56	1,61	0,002	0,0001	0,211
		1,66		0,001		
		1,62		0,0002		
5	35%	1,66	1,66	0,000	0,002	0,211
		1,72		0,002		
		1,59		0,002		

Sumber: Hasil Analisis (2022)

Berdasarkan uji normalitas chi-square pada hasil pengujian kuat Tarik belah beton umur 28 hari dari setiap sampel data diperoleh nilai $\chi^2 < \chi^2_{(0,90):(n-1)}$ maka data dapat diterima (Sugiono,2015).

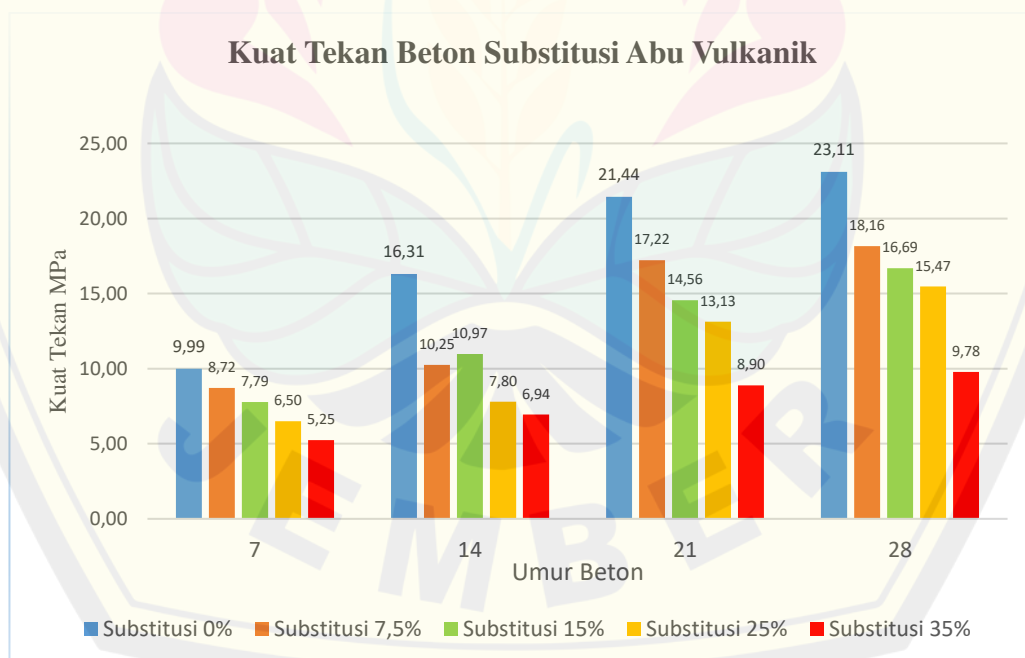
4.8. Analisis Perbandingan Substitusi Abu Vulkanik Terhadap Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Belah Beton

Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton dan berat volume dapat dilihat pada tabel 4.28 berikut sesuai dengan persentase dan substitusi :

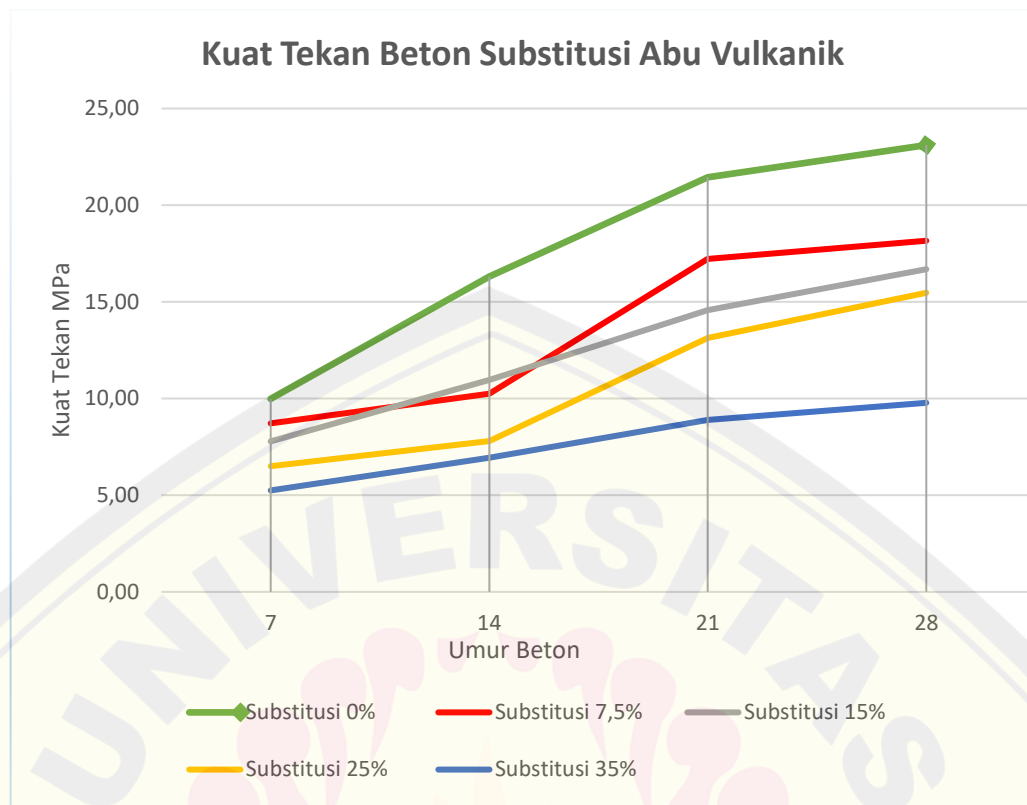
Tabel 4.28 Hasil kuat tekan beton berdasarkan metode dan waktu pengujian

Umur	Metode 0%		Metode 7,5%		Metode 15%		Metode 25%		Metode 35%	
	Kuat tekan (Mpa)	Berat Volume (kg/m ³)	Kuat tekan (Mpa)	Berat Volume (kg/m ³)	Kuat tekan (Mpa)	Berat Volume (kg/m ³)	Kuat tekan (Mpa)	Berat Volume (kg/m ³)	Kuat tekan (Mpa)	Berat Volume (kg/m ³)
7	9,99	2417,53	8,72	2387,79	7,79	2446,38	6,50	2473,80	5,25	2448,96
14	16,31	2386,43	10,25	2428,79	10,97	2429,98	7,80	2403,04	6,94	2433,13
21	21,44	2317,20	17,22	2332,06	14,56	2365,82	13,13	2358,81	8,90	2400,26
28	23,11	2309,55	18,16	2306,37	16,69	2410,19	15,47	2377,07	9,78	2427,03

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)



Gambar 4.9 Hasil kuat tekan beton berdasarkan metode dan waktu pengujian



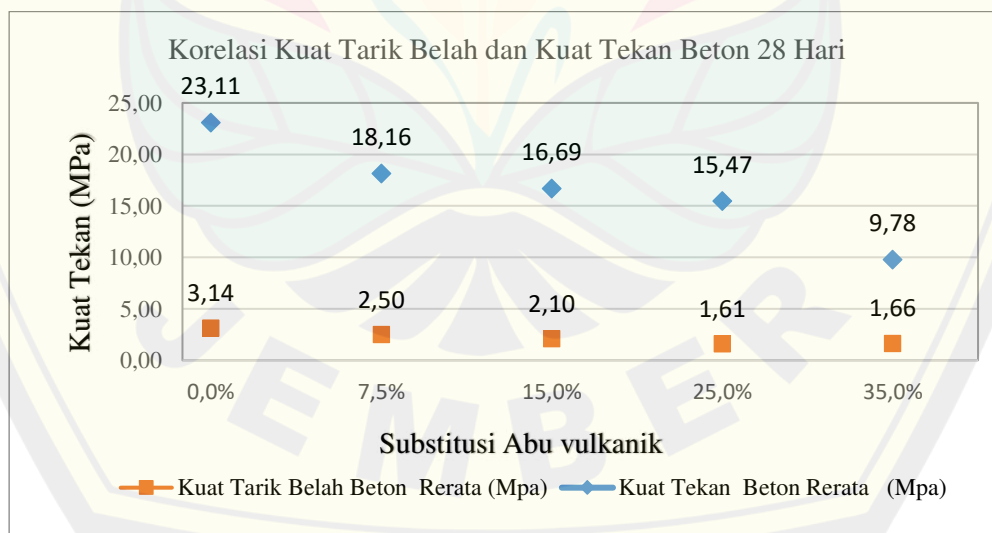
Gambar 4.10 Rekapilutasi Kuat Tekan Beton Sesuai dengan Umur Pengujian

Berdasarkan Tabel 4.28 dan gambar 4.9 diperoleh hasil penurunan kuat tekan beton berdasarkan presentase penggunaan semen terhadap kuat tekan betonnya, semakin tinggi persentase abu vulkanik semakin rendah kuat tekan beton yang di hasilkan, apabila di tinjau dari umur beton mengalami peningkatan kuat tekan beton setiap metode substitusi semakin lama umur beton semakin tinggi kuat tekannya karena semen mengikat material dengan sempurna setelah umur 28 hari, Kuat tekan beton terendah pada usia 7 hari dan kuat tekan beton rerat tertinggi ada pada pengujian ke 28 hari.

Tabel 4.29 Korelasi Kuat Tarik Belah Beton dan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

N0.	Substitusi Abu	Penomoran Benda Uji	P Dial Kuat Tarik Belah Beton (kN)	Kuat Tarik Belah Beton (Mpa)	P Dial Kuat Tekan Beton (kN)	Kuat Tekan Beton (Mpa)	Kuat Tarik Belah Beton Rerata (Mpa)	Kuat Tekan Beton Rerata (Mpa)
1	0%	A-28-1	96,00	3,06	183,20	23,34	3,14	23,11
		A-28-2	102,00	3,25	176,00	22,42		
		A-28-3	98,00	3,12	185,00	23,57		
2	7,5%	B-28-1	80,00	2,55	145,00	18,47	2,50	18,16
		B-28-2	78,00	2,48	143,00	18,22		
		B-28-3	77,60	2,47	139,70	17,80		
3	15%	C-28-1	67,00	2,13	129,00	16,43	2,10	16,69
		C-28-2	66,00	2,10	130,00	16,56		
		C-28-3	65,00	2,07	134,00	17,07		
4	25%	D-28-1	49,00	1,56	118,00	15,03	1,61	15,47
		D-28-2	52,00	1,66	122,00	15,54		
		D-28-3	51,00	1,62	124,30	15,83		
5	35%	E-28-1	52,00	1,66	88,01	10,17	1,66	9,78
		E-28-2	54,00	1,72	76,88	8,88		
		E-28-3	50,00	1,59	89,01	10,28		

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium (2022)



Gambar 4.11 Korelasi Kuat Tarik Belah Beton dan Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Berdasarkan tabel 4.29 dan gambar 4. diperoleh semakin rendah kuat tekan beton maka semakin rendah nilai kuat Tarik belah yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengujian nilai kuat tekan dengan substitusi abu selain metode 0% didapatkan nilai tertinggi pada substitusi metode 7,5% dengan hasil kuat tekan sebesar 18,16Mpa dan nilai kuat tarik belah sebesar 2,5MPa. Metode 15% hasil kuat tekan 16,69MPa dan hasil kuat tarik belah sebesar 2,1 Mpa. Metode 25% sebesar didapatkan hasil kuat tekan sebesar 15,47MPa dan Kuat Tarik belah 1,61MPa. Metode 35% dengan nilai kuat tekan sebesar 9,78MPa ,hasil pengujian kuat Tarik belah beton sebesar 1,66MPa Semakin tinggi substitusi abu vulkanik maka akan semakin rendah hasil kuat tekan benda uji dan kuat Tarik belahnya.

Berdasarkan penelitian (Lamotokana dkk., 2020) benda uji yang dibuat dengan abu vulkanik yang berasal dari letusan Gunung Berapi Banda Aceh pasca erupsi sebagai bahan pengganti sebagian semen pada beton, didapatkan hasil penelitian yang menunjukkan nilai kuat tekan tertinggi ada pada variasi abu vulkanik 0% yaitu 21,04 MPa. Sedangkan substitusi maksimum abu vulkanik ada pada substitusi 10% yaitu 20,95 MPa.

Sesuai dengan hasil penelitian (Lamotokana dkk, 2020) semakin besar substitusi abu vulkanik yang dilakukan terhadap semen maka semakin kecil nilai kuat tekan yang dihasilkan karena abu vulkanik mengurangi bahan pengikat pada semen.

Rekomendasi beton digunakan untuk *non structur* sesuai SNI 03-6468-2000 beton dengan kuat tekan kurang dari 20MPa termasuk beton mutu rendah yang sesuai untuk digunakan untuk struktur tanpa tulangan seperti beton syklop, trotoar untuk campuran batu belah dan lantai kerja.

BAB 5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari didapatkan hasil tertinggi pada campuran 0% dengan hasil kuat tekannya didapatkan sebesar 23,11 MPa, substitusi abu ,Metode substitusi maksimal didapatkan nilai tertinggi pada substitusi metode 7,5% dengan hasil kuat tekan sebesar 18,16Mpa dan. Metode 15% hasil kuat tekan 16,. Metode 25% sebesar didapatkan hasil kuat tekan sebesar 15,47MPa dan. Metode 35% dengan nilai kuat tekan sebesar 9,78MPa , Semakin tinggi presentase abu maka semakin rendah nilai kuat tekan dan kuat tarik belahnya dan semakin besar nilai slump betonnya.
2. Pengujian kuat Tarik belah pada umur 28 hari didapatkan hasil tertinggi pada campuran 0% dengan nilai 3,14MPa dan penurunan slump beton sebesar 90mm. Metode substitusi maksimal didapatkan nilai tertinggi pada substitusi metode 7,5% nilai kuat tarik belah sebesar 2,5MPa dan nilai penurunan slump sebesar 110mm . Metode 15% didapatkan hasil kuat tarik belah sebesar 2,1 Mpa dan nilai slump beton sebesar 135mm. Metode 25% Kuat Tarik belah 1,61MPa nilai slump beton sebesar 160mm. . Metode 35% hasil pengujian kuat Tarik belah beton sebesar 1,66MPa dan nilai penurunan slump beton sebesar 175mm. Semakin tinggi presentase abu maka semakin rendah nilai kuat tekan dan kuat tarik belahnya dan semakin besar nilai slump betonnya.

5.2. Saran

1. Perlakuan pengecoran dijaga agar kondisi agregat memenuhi kadar air yang tetap
2. Proses pencampuran beton dilakukan secara homogen untuk menjaga *workability* beton.
3. Penelitian selanjutnya dapat mengubah bahan Abu Vulkanik Semeru sebagai bahan tambahan atau *filler* bukan menjadi bahan pengganti semen.
4. Penelitian selanjutnya dapat melakukan pengujian porositas beton.

DAFTAR PUSTAKA

Agboola Shamsudeen Abdulazeez *et al.* (2020) ‘Strength Performance of Concrete Produced with Volcanic Ash as Partial Replacement of Cement’, *International Journal of Engineering Research and*, V9(03), pp. 2–9. doi: 10.17577/ijertv9is030396.

Dahiru, D., Ibrahim, M. and Gado, A. A. (no date) ‘Evaluation of the Effect of Volcanic Ash on the Properties of Concrete’.

Faqih, N. and Krisnawan, G. (2019) ‘Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Abu Vulkanik Sebagai Pengganti Sebagian Semen’, *Teras*, (November 2010), pp. 1–12. Available at: <https://ojs.unsiq.ac.id/index.php/teras/article/view/1029>.

Juwono, A. M. and Susilo, A. (2017) ‘Studi Karakterisasi Fisik dan Kimiawi Debu Gunung Semeru’.

Khan, K. *et al.* (2019) ‘Effect of fineness of basaltic volcanic ash on pozzolanic reactivity, ASR expansion and drying shrinkage of blended cement mortars’, *Materials*, 12(16), pp. 1–21. doi: 10.3390/ma12162603.

Lamotokana Latuconsina; Adek, Suriyani, M. S. . (2020) ‘Studi Eksperimental Abu Vulkanik Sebagai Bahan Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Normal’, *Dintek*, 13(Vol 13 No 1 (2020): Volume 13 No.1, Maret 2020), pp. 63–71. Available at: <http://jurnal.umm.ac.id/index.php/dintek/article/view/464>.

Purwanto, N. (2019) ‘Variabel Dalam Penelitian Pendidikan’, *Jurnal Teknodik*, 6115, pp. 196–215. doi: 10.32550/teknodik.v0i0.554.

SNI-1972 (2008) ‘Cara Uji Slump Beton’.

SNI 03-2834-2000 (2000) ‘SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal’, *Sni 03-2834-2000*, pp. 1–34.

SNI 1969 (2008) ‘Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar SNI1969-2008’, *Badan Standar Nasional Indonesia*, p. 20.

SNI 1970 (2008) 'Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus', *Badan Standar Nasional Indonesia*, pp. 7–18. Available at: <http://sni.litbang.pu.go.id/index.php?r=/sni/new/sni/detail/id/195>.

SNI 1974-2011 (2011) 'SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder', *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*, p. 20.

SNI 2493-2011 (2011) 'Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium', *Badan Standar Nasional Indonesia*, p. 23. Available at: www.bsn.go.id.

Susanti, R. D. *et al.* (2018) 'Studies on concrete by partial replacement of cement with volcanic ash', *Journal of Applied Engineering Science*, 16(2), pp. 161–165. doi: 10.5937/jaes16-16494.

Yuswanto, S. P. (2015) 'Pengaruh Penambahan Abu Vulkanik Gunung Kelud Terhadap Kuat Tekan Beton', *Pengaruh Penambahan Abu Vulkanik Gunung Kelud Terhadap Kuat Tekan Beton*, 11(1), pp. 95–104. doi: 10.21831/inersia.v11i1.9952.

LAMPIRAN

Lampiran 1 *Mix design*MIX DESIGN Fc'-300 Kg/cm²





No.			Satuan	Keterangan
1	kuat tekan yang diisyaratkan, pada umur 28 hari (f'c)	30	Mpa	
2	devisiasi standar (s)	12	Mpa	
	nilai tambah (m)	12	Mpa	
	kuat tekan rerata yang direncanakan (f'cr)	42	Mpa	
3	Jenis semen	PCC (semen gresik)		
4	jenis agregat kasar	batu pecah		
5	jenis agregat halus	pasir alami		
6	FAS bebas	0,51		
7	FAS maksimum	0,6		
	dipakai fas yang terendah (dipakai)	0,51		
8	nilai slump	80-120	mm	
9	ukuran maksima krikil	10	mm	
10	kebutuhan air	180	kg/m ³	
11	kebutuhan semen portland	352,94	kg/m ³	
12	kebutuhan semen portland minimum	325,00	kg/m ³	
13	kebutuhan semen portland yang dipakai	352,94	kg/m ³	
14	susunan besar butir agregat halus	zona 2		
15	persen material lebih halus dari 4,80 mm	52,50	%	
16	berat jenis relatif agregat campuran	2,73		
17	berat jenis beton	2473,00		





18	Kebutuhan agregat gabungan	1940,06	kg/m ³	
19	Kebutuhan agregat halus	1018,53	kg/m ³	
20	Kebutuhan agregat kasar	921,53	kg/m ³	





volume silinder		Pasir	Kerikil
	Berat Jenis	2,784	2,67
0,00157	Kelembaban (%)	2,31	2,677
0,00157	Resapan (%)	2,6	1,867
	Berat Isi (Kg/m ³)	1450	1435,62

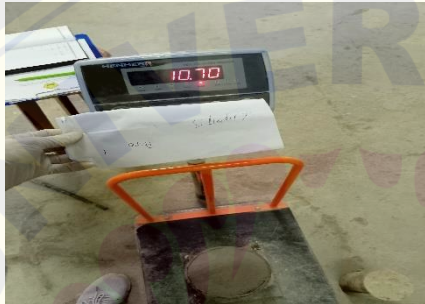


proporsi campuran per m ³	semen (kg)	air (L)	agregat halus (kg)	agregat kasar (kg)
teoritis	352,94	180	1019	921,53
terkoreksi	352,94	175,49	1015,58	928,99




Lampiran 2 Kegiatan di laboratorium Struktur Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Jember

No.	Dokumentasi	Kegiatan	Lokasi
1.		Pengujian berat jenis pasir	Laboratorium beton, Fakultas Teknik Universitas Jember
2.		Pengujian berat Volume pasir	Laboratorium beton, Fakultas Teknik Universitas Jember
3.		Pengujian kadar resapan pasir	Laboratorium beton, Fakultas Teknik Universitas Jember
4.		Pengujian kadar kelembapan pasir	Laboratorium beton, Fakultas Teknik Universitas Jember

No.	Dokumentasi	Kegiatan	Lokasi
5.		Pengujian saringan pasir	Laboratorium beton,Fakultas Teknik Universitas Jember
6.		Pengujian kadar lumpur pasir	Laboratorium beton,Fakultas Teknik Universitas Jember
7.		Pengujian berat jenis krikil	Laboratorium beton,Fakultas Teknik Universitas Jember
8.		Pengujian berat Volume krikil	Laboratorium beton,Fakultas Teknik Universitas Jember


No.	Dokumentasi	Kegiatan	Waktu dan Lokasi
9.		Pengujian kadar resapan krikil	Laboratorium beton,Fakultas Teknik Universitas Jember
10.		Pengujian kadar kelembapan krikil	Laboratorium beton,Fakultas Teknik Universitas Jember
11.		Pengujian saringan krikil	Laboratorium beton,Fakultas Teknik Universitas Jember
12.		Pengujian kadar lumpur krikil	Laboratorium beton,Fakultas Teknik Universitas Jember

No.	Dokumentasi	Kegiatan	Waktu dan Lokasi
13.		Pengujian berat jenis Abu Vulkanik	Laboratorium beton,Fakultas Teknik Universitas Jember
14.		Pengujian berat Volume Abu Vulkanik	Laboratorium beton,Fakultas Teknik Universitas Jember
15.		Persiapan bahan	Laboratorium beton,Fakultas Teknik Universitas Jember
16.		Persiapan Bekisting	Laboratorium beton,Fakultas Teknik Universitas Jember

No.	Dokumentasi	Kegiatan	Waktu dan Lokasi
17.		Proses Pengecoran	Laboratorium beton,Fakultas Teknik Universitas Jember
18.		Pengujian Slump	Laboratorium beton,Fakultas Teknik Universitas Jember
19.		Pencetakan beton	Laboratorium beton,Fakultas Teknik Universitas Jember
20.		Curing beton pada suhu ruangan	Laboratorium beton,Fakultas Teknik Universitas Jember

No.	Dokumentasi	Kegiatan	Waktu dan Lokasi
21.		Penimbangan berat volume beton	Laboratorium beton, Fakultas Teknik Universitas Jember
22.		Proses <i>keeping</i> beton	Laboratorium beton, Fakultas Teknik Universitas Jember
23.		Pengujian Kuat Tekan Beton	Laboratorium beton, Fakultas Teknik Universitas Jember
24.		Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	Laboratorium beton, Fakultas Teknik Universitas Jember

Lampiran 3 Kegiatan Pengambilan Abu Vulkanik

No.	Dokumentasi	Kegiatan	Waktu dan Lokasi
1		Pengambilan Abu Vulkanik	Desa Curah Kobogan,Lumajang
2		Pengambilan Abu Vulkanik	Desa Curah Kobogan,Lumajang
3		Pengambilan Abu Vulkanik	Desa Curah Kobogan,Lumajang
4		Pengambilan Abu Vulkanik	Desa Curah Kobogan,Lumajang

Tabel Kandungan unsur kimiawi dalam Sampel 1.

Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	40.393	0.476	51.508
Oxygen	41.865	0.460	40.078
Sodium	0.823	0.065	0.548
Magnesium	0.338	0.046	0.213
Aluminum	3.578	0.081	2.031
Silicon	7.044	0.114	3.841
Calcium	2.237	0.076	0.855
Iron	3.047	0.160	0.836
Indium	0.675	0.120	0.090

Sumber: Wasis A.,(2017)