

TUGAS AKHIR

**ANALISA BETON RAMAH LINGKUNGAN
(*GREEN CONCRETE*) DENGAN PEMANFAATAN
FLY ASH BATU BARA SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI
SEMEN PORTLAND UNTUK PERKERASAN JALAN**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

Arif Desvian Haidar Adam

NIM : 30201900043

Arya Fredy Ananta

NIM : 30201900047

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

2023

TUGAS AKHIR

**ANALISA BETON RAMAH LINGKUNGAN
(*GREEN CONCRETE*) DENGAN PEMANFAATAN
FLY ASH BATU BARA SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI
SEMEN PORTLAND UNTUK PERKERASAN JALAN**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

Arif Desvian Haidar Adam Arya Freddy Ananta

NIM : 30201900043 NIM : 30201900047

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

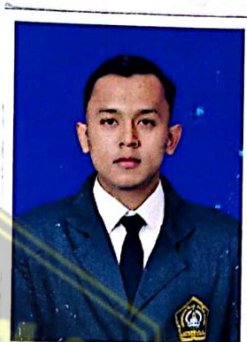
2023

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA BETON RAMAH LINGKUNGAN (GREEN CONCRETE) DENGAN PEMANFAATAN *FLY ASH* BATU BARA SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI SEMEN PORTLAND UNTUK PERKERASAN JALAN



Arif Desvian Haidar Adam
NIM. 30201900043



Arya Fredy Ananta
NIM. 30201900047

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 1 Agustus 2023

Tim Penguji

1. Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph, D
NIDN: 0605016802
2. Juny Andry Sulistyo, ST., MT
NIDN: 0611118903
3. Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN: 0625059102

Tanda Tangan

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 14 / A.2 / SA-T / III / 2023

Pada hari ini tanggal 08-03-2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph. D
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Juny Andry Sulisty, ST., MT.
Jabatan Akademik : Asisten Ahli
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Arif Desvian Haidar Adam
NIM : 30201900043

Arya Fredy Ananta
NIM : 30201900047

Judul : Analisa Beton Ramah Lingkungan (*Green Concrete*) Dengan Pemanfaatan *Fly Ash* Batu Bara Sebagai Material Substitusi Semen Portland Untuk Perkerasan Jalan.

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	08-03-2023	ACC
2	Seminar Proposal	11-05-2023	ACC
3	Pengumpulan data	13-05-2023	ACC
4	Analisis data	15-05-2023	ACC
5	Penyusunan laporan	13-06-2023	ACC
6	Selesai laporan	15-07-2023	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama

Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph. D

Dosen Pembimbing Pendamping

Juny Andry Sulisty, ST., MT.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

1. Nama : Arif Desvian Haidar Adam
NIM : 30201900043
2. Nama : Arya Fredy Ananta
NIM : 30201900047

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang berjudul

Analisa Beton Ramah Lingkungan (*Green Concrete*) Dengan Pemanfaatan *Fly Ash* Batu Bara Sebagai Material Substitusi Semen Portland Untuk Perkerasan Jalan.

Benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka kami bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 28 Juli 2023

Yang membuat pernyataan,

Arif Desvian Haidar Adam
NIM. 30201900043

Arya Fredy Ananta
NIM. 30201900047



PERNYATAAN KEASLIAN

Kami yang berada tangan di bawah ini:

1. Nama : Arif Desvian Haidar Adam
NIM : 30201900043
2. Nama : Arya Fredy Ananta
NIM : 30201900047

JUDUL TUGAS AKHIR

: Analisa Beton Ramah Lingkungan (*Green Concrete*) Dengan Pemanfaatan *Fly Ash* Batu Bara Sebagai Material Substitusi Semen Portland Untuk Perkerasan Jalan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli kami sendiri. Kami tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah di publikasi sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka kami bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini kami buat

Semarang, 28 Juli 2023

Yang membuat pernyataan,

Arif Desvian Haidar Adam
NIM. 30201900043

Arya Fredy Ananta
NIM. 30201900047

MOTTO

- Visi Fakultas Teknik Unissula:

Menjadi Program Doktor Teknik Sipil terkemuka dalam membangun generasi khaira ummah, mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi bidang Teknik Sipil atas dasar nilai-nilai Islam, Membangun Kesejahteraan Masyarakat dan Mengembangkan Peradaban Islam menuju Masyarakat Madani yang diridhoi Allah SWT dalam kerangka rahmatan lil'alamina pada tahun 2028.

- Misi Fakultas Teknik Unissula:

Misi Program Doktor dirancang untuk mencapai Visi yang telah ditetapkan melalui pelaksanaan Tridharma Perguruan Tinggi yaitu: Pendidikan dan Pengajaran. Penelitian, Pengabdian kepada Masyarakat dan Pengembangan Kelembagaan. Perumusan misi Program Doktor juga mengacu pada misi Fakultas Teknik Misi Fakultas Teknik dirumuskan berdasarkan misi Universitas. Untuk mewujudkan visi Program Doktor Teknik Sipil, maka dirumuskan misi, yaitu:

Menyelenggarakan pendidikan tinggi Doktor Teknik Sipil yang berorientasi pada kualitas dan kesetaraan universal/global, dengan:

1. Mendidik dan mengembangkan sumber daya manusia pada tingkat Doktor Teknik Sipil dan penerapannya, dengan mengutamakan kemuliaan akhlak, kecendekiawanan dan kapakaran, berasan lingkungan, serta kemampuan melaksanakan tugas kepemimpinan masyarakat.
2. Merekonstruksi dan mengembangkan ilmu Teknik Sipil dan penerapannya melalui peningkatan kuantitas dan kualitas penelitian dan publikasi serta kepemilikan Hak Kekayaan Intelektual.
3. Mengembangkan gagasan, kegiatan dan kelembagaan sesuai dengan pengembangan rekonstruksi pengetahuan dan teknologi serta perkembangan masyarakat: Mengembangkan pengabdian masyarakat dalam bidang teknik sipil guna mendukung.
4. pembangunan peradaban menuju masyarakat madani yang diridhai Allah SWT.

- QS. Ali Imran : 110
 “Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik.”
 - Al-Baqarah : 286
 "Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."
 - Q.S Thaha: 114
 "Dan katakanlah: Ya Tuhanku, tambahkanlah kepadaku ilmu pengetahuan."
 - Q.S Ad-Duha : 7
 "Dan Dia mendapatimu sebagai seorang yang bingung, lalu Dia memberikan petunjuk."
- “Bangun kesuksesan dari kegagalan. Keputusan dan kegagalan adalah dua batu loncatan yang paling baik menuju kesuksesan.” – *Dale Carnegie*
- “Anak muda harus punya banyak pola pikir karna semakin kita banyak akal kunci kesuksesan itu akan datang pada sendirinya” – Arif Desvian Haidar Adam
- “Tidak ada kesuksesan tanpa kerja keras. Tidak ada keberhasilan tanpa kebersamaan. Tidak ada kemudahan tanpa doa” – Arya Fredy Ananta

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Ahmad Jazuli (Alm) dan Ibu Wiwik Hidayah S.Pd, serta keluarga besar.

Terima kasih sudah memberi doa, waktu, tenaga dan materi hingga saat ini, yang selalu sabar serta menanti hingga akhirnya tercapai untuk menyelesaikan pendidikan Strata – 1.

2. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph. D.

Sebagai Dosen Pembimbing terima kasih atas waktu serta masukan selama berdiskusi hingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini, yang senantiasa sabardan ikhlas dalam membimbing kami.

3. Bapak Juny Andry Sulistiyo, ST., MT.

Sebagai Dosen Pembimbing Pendamping terima kasih atas waktu serta masukanselama berdiskusi hingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini, yang senantiasa sabar dan ikhlas dalam membimbing kami.

4. Seluruh Dosen dan Karyawan Fakultas Teknik UNISSULA

Terima kasih telah memberi pengalaman, sebagai teman berdiskusi, bertukar pengalaman dan pikiran, serta terima kasih karena sudah terlalu banyak merepotkan.

5. Nabilah Ramadhani

Orang yang aku sayangi, terima kasih sudah menjadi semangat selama ini.

6. Teman – Teman

Terima kasih kepada rekan saya, Arya Fredy, Iqbal Febriansyah, Rudi Kurniawan, Arizal Wisnu dan seluruh teman-teman angkatan 19 teknik sipil Unissula..

Arif Desvian Haidar Adam
NIM. 30201900043

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Nur Khoiruddin dan Ibu Dwi Muspida Yani serta keluarga besar.

Terima kasih sudah memberi doa, waktu, tenaga dan materi hingga saat ini, yang selalu sabar serta menanti hingga akhirnya tercapai untuk menyelesaikan pendidikan Strata – 1.

2. Bapak Ir. H. Rachmat Mudyono, MT., Ph. D.

Sebagai Dosen Pembimbing terima kasih atas waktu serta masukan selama berdiskusi hingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini, yang senantiasa sabardan ikhlas dalam membimbing kami.

3. Bapak Juny Andry Sulistiyo, ST., MT.

Sebagai Dosen Pembimbing Pendamping terima kasih atas waktu serta masukanselama berdiskusi hingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini, yang senantiasa sabar dan ikhlas dalam membimbing kami.

4. Seluruh Dosen dan Karyawan Fakultas Teknik UNISSULA

Terima kasih telah memberi pengalaman, sebagai teman berdiskusi, bertukar pengalaman dan pikiran, serta terima kasih karena sudah terlalu banyak merepotkan.

5. Erika Afifah Novianti

Pacar saya yang selalu mensupport saya dan mendoakan

6. Teman – Teman

Terima kasih kepada rekan saya Arif Desvian, Ananda Fadhil, Bayu Jaya, Muhammad Zadky dan seluruh teman-teman angkatan 19 teknik sipil Unissula..

Arya Fredy Ananta
NIM : 30201900047

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisa Beton Ramah Lingkungan (*Green Concrete*) Dengan Pemanfaatan *Fly Ash* Batu Bara Sebagai Material Substitusi Semen Portland Untuk Perkerasan Jalan “ guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D. selaku Dekan dan dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Rusli Ahyar, ST., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
3. Bapak Juny Andry Sulistiyo, ST., MT. selaku dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
5. Seluruh Karyawan Fakultas Teknik UNISSULA yang telah banyak membantu selama menempuh pendidikan Strata – 1.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi pembaca.

Semarang, 5 Juli 2023

penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI..	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
PERNYATAAN KEASLIAN	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
MOTTO.....	II
PERSEMBAHAN	IV
KATA PENGANTAR.....	X
DAFTAR ISI	XI
DAFTAR TABEL.....	XIII
DAFTAR GAMBAR	XV
ABSTRAK	XVI
<i>ABSTRACT</i>	XVII
BAB I	1
PENDAHULAN.....	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH PENELITIAN.....	2
1.3. TUJUAN PENELITIAN	2
1.4. MANFAAT PENELITIAN	3
1.5. BATASAN MASALAH PENELITIAN.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. DEFINISI BETON SEDIKIT SEMEN PORTLAND.....	4
2.2. KARAKTERISTIK BETON SEDIKIT SEMEN PORTLAND	4
2.3. METODE TES	7
2.4. PENELITIAN BETON SEDIKIT SEMEN PORTLAND.....	16

BAB III	20
METODE PENELITIAN	20
1.1. PERSIAPAN	20
1.2. BAHAN	20
1.3. PERALATAN	21
1.4. PEMBUATAN BENDA UJI	22
1.5. UJI TEKAN.....	26
1.6. BAGAN ALIR	27
1.7. METODE ANALISIS	28
BAB IV	30
HASIL PENELITIAN	30
4.1. PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS	30
4.2. PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR	33
4.3. HASIL PENGUJIAN MATERIAL	35
4.4. KOMPOSISI MATERIAL BETON	42
4.5. MIX DESIGN	45
4.6. KUAT TEKAN BETON NORMAL.....	46
4.7. KUAT TEKAN BETON 7 HARI.....	48
4.8. KUAT TEKAN 14 HARI.....	50
4.9. KUAT TEKAN 28 HARI.....	52
4.10. HASIL UJI SLUMP TEST	54
4.11. KUAT TEKAN RATA-RATA	55
BAB V.....	57
PENUTUP.....	57
5.1. KESIMPULAN.....	57
5.2. SARAN.....	57
LAMPIRAN.....	58
DAFTAR PUSTAKA	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Potongan dan Penataan <i>Fly ash</i>	8
Tabel 2. 2. Hasil uji kuat tekan karakteristik	10
Tabel 2. 3 Sifat-sifat Agregat Kasar.....	11
Tabel 2. 4 Sifat-sifat Agregat Halus.....	13
Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu Yang Sejenis	17
Tabel 3. 1. Campuran beton normal.....	24
Tabel 3. 2. Campuran <i>Fly ash</i> (K1) sebesar 50 %	24
Tabel 3. 3. Campuran <i>Fly Ash</i> (K3) sebesar 60 %	25
Tabel 3. 4. Campuran <i>Fly ash</i> (K2) sebesar 70 %	25
Tabel 4. 1. Data Penyaringan Agregat Halus	30
Tabel 4. 2. Data Penyaringan Agregat Halus	32
Tabel 4. 3. Data Penyaringan Agregat Kasar	33
Tabel 4. 4. Hasil Perhitungan Analisa saringan Agregat Kasar	34
Tabel 4. 5. Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	35
Tabel 4. 6. Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus.....	36
Tabel 4. 7. Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus.....	37
Tabel 4. 8 Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar	38
Tabel 4. 9 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar	39
Tabel 4. 10. Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus.....	40
Tabel 4. 11. Komposisi Material Campuran	42
Tabel 4. 12. Persentase Komposisi Material Campuran Beton Normal per 1 m ³	42
Tabel 4. 13. Komposisi Material Campuran dengan menggunakan <i>Fly Ash</i>	42
Tabel 4. 14. Persentase Komposisi Material Campuran dengan menggunakan <i>Fly Ash</i> 50% per 1 m ³ variasi 1 (satu).....	43
Tabel 4. 15. Persentase Komposisi Material Campuran dengan menggunakan <i>Fly Ash</i> 60% per 1 m ³ variasi 2 (dua)	43
Tabel 4. 16. Persentase Komposisi Material Campuran dengan menggunakan <i>Fly Ash</i> 70% per 1 m ³ variasi 3 (tiga).....	43

Tabel 4. 17. Komposisi Material Campuran dengan menggunakan per 0,05 m ³	44
Tabel 4. 18. <i>Job Mixed Design</i>	45
Tabel 4. 19. Tabel Hasil Pengujian Beton Normal	46
Tabel 4. 20. Hasil Pengujian Beton Umur 7 Hari	48
Tabel 4. 21. Hasil Pengujian Beton Umur 14 Hari	50
Tabel 4. 22. Hasil Pengujian Beton Umur 28 Hari	52
Tabel 4. 23. Hasil Slump test	54



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip dasar produksi <i>fly ash</i>	5
Gambar 2. 2 Alat Slump Flow Test	7
Gambar 2. 3 Alat Uji Kuat Tekan Beton.....	9
Gambar 2. 4 Grafik Gradasi Agregat Kasar	12
Gambar 2. 5 Gradasi Agregat Halus	14
Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian	27
Gambar 4. 1. Grafik Analisa Saringan Agregat Halus	32
Gambar 4. 2. Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar	34
Gambar 4. 3. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 7 Hari	46
Gambar 4. 4. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 14 Hari	47
Gambar 4. 5. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 28 Hari	47
Gambar 4. 6. Grafik Kuat Tekan 50%, 7 Hari	48
Gambar 4. 7. Grafik Kuat Tekan 60% 7 Hari	49
Gambar 4. 8. Grafik Kuat Tekan 70% 7 Hari	49
Gambar 4. 9. Grafik Kuat Tekan <i>Fly Ash</i> 50% 14 Hari	50
Gambar 4. 10. Grafik Kuat Tekan <i>Fly Ash</i> 60% 14 Hari	51
Gambar 4. 11. Grafik Kuat Tekan <i>Fly Ash</i> 70% 14 Hari	51
Gambar 4. 12. Grafik Kuat Tekan <i>Fly Ash</i> 50% 28 Hari	52
Gambar 4. 13. Grafik Kuat Tekan <i>Fly Ash</i> 60% 28 Hari	53
Gambar 4. 14. Grafik Kuat Tekan <i>Fly Ash</i> 70% 28 Hari	53
Gambar 4. 15. Grafik hasil uji slump Beton sedikit Semen.....	54
Gambar 4. 16. Kuat Tekan Rata-Rata	56

Analisa Beton Ramah Lingkungan (*Green Concrete*) Dengan Pemanfaatan *Fly Ash* Batu Bara Sebagai Material Substitusi Semen Portland Untuk Perkerasan Jalan

Abstrak

Perkembangan suatu teknologi dalam bidang konstruksi khususnya pada teknologi beton sekarang ini menjadi lebih pesat sehingga menjadikan kebutuhan bahan beton yang dapat beradaptasi dengan perkembangan suatu zaman pada era sekarang ini. Seperti halnya untuk penghematan energi dari bahan beton normal dari campur agregat halus, kasar, semen dan air sekarang dapat di tambahkan bahan lainnya.(Setiawati, 2018)

Pada era sekarang ini penggunaan semen untuk bahan pembuatan beton sangat identik maka dari itu untuk mengurangi penggunaan semen maka perlu di campur bahan lainnya. Metode penelitian yang peneliti gunakan adalah metode eksperimental-laboratoris dengan membuat benda uji berupa silinder beton dengan ukuran 15x30 cm.

Analisa pengujian beton menggunakan campuran *Fly Ash* ini pada penelitian ini terdapat beberapa variasi campuran *fly ash* yaitu *fly ash* 50%, 60%, dan 70%. Pada pengujian beberapa campuran *Fly Ash* menghasilkan nilai kuat tekan presentase *Fly Ash* 50% dan *Accelerator* 2% sebesar 161,630 kg/cm², *Fly Ash* 60% dan *Accelerator* 2% sebesar 154,189 kg/cm², *Fly Ash* 70% dan *Accelerator* 2% sebesar 92,670 kg/cm². Pada hasil penelitian ini dengan beberapa variasi campuran *fly ash* di dapatkan nilai kuat tekan tertinggi pada persentase *Fly Ash* 50% dan *Accelerator* 2% yaitu sebesar 161,630 kg/cm² dengan sample benda uji variasi pertama pada umur beton 28 hari.

Kata kunci: *Fly Ash; aggregate; semen portland*

Analysis of Green Concrete by Utilizing Coal Fly Ash as a Substitute for Portland Cement for Road Pavement

Abstract

The development of a technology in the field of construction, especially in concrete technology, is now becoming more rapid, making the need for concrete materials that can adapt to the development of an era in this era. As well as for energy savings from normal concrete materials from a mixture of fine, coarse, cement and water can now be added to other materials. (Setiawati, 2018)

In this era, the use of cement for concrete making materials is very identical, therefore to reduce the use of cement, it is necessary to mix other materials. The research method that researchers use is the experimental-laboratory method by making test objects in the form of concrete cylinders with a size of 15x30 cm.

Analysis of concrete testing using Fly Ash mixtures in this study there are several variations of fly ash mixtures, namely fly ash 50%, 60%, and 70%. In testing several Fly Ash mixtures produced a compressive strength value of 50% Fly Ash percentage and 2% Accelerator of 161.630 kg/cm², 60% Fly Ash and 2% Accelerator of 154.189 kg/cm², 70% Fly Ash and 2% Accelerator of 92.670 kg/cm². In the results of this study with several variations of fly ash mixtures, the highest compressive strength value was obtained at a percentage of Fly Ash 50% and Accelerator 2%, which amounted to 161.630 kg/cm² with the first variation test specimen sample at the age of 28 days of concrete.

Keywords: Fly ash; Aggregate; Portland cement

BAB I

PENDAHULAN

1.1. Latar belakang

Selain air, beton adalah zat yang paling melimpah di Bumi, menurut beberapa catatan 4.193.000 juta ton semen portland dikonsumsi di seluruh dunia pada tahun 2015 Indonesia mengkonsumsi sekitar 60 juta ton per tahun. Perbaikan dunia untuk beberapa area tidak dapat dibedakan dari beton, bisnis besar adalah klien terbesar dari sumber daya reguler di dunia ini. Masalah lingkungan termasuk penggunaan 12,6 juta beton bahan mentah alami dalam beton setiap tahun, produksi beton menyumbang 5% dari emisi CO₂ dunia setiap tahun, dan pelapukan banyak struktur beton membuatnya tidak dapat digunakan. Pemanfaatan sebagai bahan penyusun rangka yang substansial memiliki dampak positif menurut pandangan alam. Penumpukan yang sangat halus. Istilah "beton ramah lingkungan" mengacu pada beton sebagai bahan bangunan yang mengurangi dampak lingkungannya dengan membatasi atau mengganti bahan yang digunakan. (Setiawati, 2018)

Penggunaan bahan pengikat tambahan yang dapat mengurangi sebagian atau seluruh semen portland dalam beton, bahan yang didaur ulang sebagian pengganti agregat atau semen. Penggunaan bahan yang berkekuatan tinggi sehingga mengurangi dimensi elemen teknologi beton yang harus ramah lingkungan. Beton sedikit semen portland menggunakan bagian pengikat tambahan yang umum seperti abu terbang didalam semen portland atau beton berkisar antara 0%- 30% penggunaan bahan pengikat seperti *fly ash* dalam jumlah yang lebih besar diatas 40% dapat memberikan banyak keuntungan bentuknya produk samping sehingga harganya jauh lebih murah dibandingkan semen Portland. Bahan Beton Sedikit Semen Portland untuk bahan pengikat tambahan menggunakan dan Semen portland. Untuk bahan pengisi Agregat kasar dan Agregat Halus. (Arifi, 2015)

Dalam Beton presentase komponen Beton untuk agregat 62%, Portland Semen 16%, Abu Terbang 16% dan Air 6%. Alasan menggunakan dalam Beton sedikit Semen Portland adalah beton lebih awet dan lebih tinggi kekuatannya pada saat Abu Terbang sesuai spesifikasi digunakan di dalam beton, dari batu bara/abu terbang merupakan produk samping dari pembakaran Batu Bara untuk produksi listrik sehingga harganya jauh lebih murah dari Semen Portland.(Cahyaka et al., 2018)

Beton sedikit Semen Portland menggunakan, yang terbesar di Indonesia dimana terdapat PLTU Batu Bara. Hasil penelitian dibanyak negara menunjukan dapat dimanfaatkan sebagai material dalam pembangunan infrastruktur, sifat beton tanpa semen portland yang setara dengan sifat beton pada umumnya sehingga tidak ada perbedaan *design code* secara struktural, karakteristik dapat menurunkan kebutuhan air untuk mencapai kinerja *workability* yang setara. Pada penelitian ini, abu terbang (fly ash) batubara ditambahkan ke dalam Fc 20 untuk membuat beton berkekuatan rendah untuk perkerasan jalan desa. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini, peneliti tertarik untuk menggunakan batubara untuk menghasilkan beton yang ramah lingkungan.(Adi S et al., 2018)

1.2. Rumusan Masalah Penelitian

Pada penelitian ini peneliti menemukan rumusan masalah meliputi :

1. Bagaimana penggunaan kadar semen pada beton Fc' 20 dengan material (Batu Bara PLTU)?
2. Bagaimana pengaruh kuat tekan pada beton Fc' 20 dengan material (Batu Bara PLTU)?

1.3. Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini peneliti menemukan tujuan meliputi :

1. Mendapatkan hasil *Job Mix* Formula terbaik antara beton Fc'20 dengan (Beton Ramah Lingkungan).
2. Mendapatkan hasil kuat tekan pada beton Fc 20' dengan (Batu Bara).

1.4. Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini peneliti menemukan tujuan meliputi :

1. Mengkaji kuat tekan beton normal f_c 20 pada umur 7, 14 dan 28 hari.
2. Mengkaji kuat tekan beton (Batu Bara) pada umur 7, 14 dan 28 hari.
3. Mengkaji pengaruh penambahan (Batu Bara) terhadap kuat tekan beton.

1.5. Batasan masalah Penelitian

Adapun batasan ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Pengujian yang dilakukan pada beton keras meliputi kuat tekan.
2. Umur pengujian kuat tekan Beton untuk 7, 14 dan 28 hari.
3. Penelitian ini hanya dilakukan di laboratorium tidak dilakukan penghamparan di lapangan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Beton Sedikit Semen Portland

Penurunan campuran beton portland dengan pemuatan adalah beton portland beton ringan. *Fly ash* sebagai kombinasi dari bahan-bahan perhiasan selama waktu yang dihabiskan membuat beton. Sejumlah kecil dapat digunakan sebagai pengganti semen untuk menghasilkan beton berkualitas tinggi. *Fly ash* memiliki kesamaan dengan sifat-sifat beton, pencampuran *fly ash* sebagai kombinasi untuk membuat beton mampu menghasilkan beton lebih awet dan lebih tinggi kekuatan pada beton. (Manuahe et al., 2014) Penggunaannya tidak dapat mengikat seperti beton untuk mencapai hasil yang ideal namun, karena ukurannya yang kecil dan selubung airnya, silika oksida yang terkandung akan secara tidak tepat bereaksi dengan kalsium hidroksida yang terbentuk selama siklus hidrasi tinggi untuk menghasilkan material dengan sifat restriktif.

Bagian semen yang dinamis dan halus dapat dipisahkan menjadi dua klasifikasi umum. Air dan semen Portland membentuk kelompok aktif, agregat yang terbagi menjadi agregat kasar dan halus, membentuk kelompok pasif dan meningkatkan volume. Perekat atau pengikat adalah nama yang diberikan kepada kelompok pasif. Selama proses pencampuran, zat selain agregat, semen dan air ditambahkan ke campuran beton sebagai bahan tambahan. Tujuan penambahan material ialah guna merubah sifat pada beton menjadi baik guna melakukan pekerjaan, meningkatkan nilai ekonomisnya, serta sekaligus menghemat energi. Studi penulisan ini akan memahami materi dan karakteristik beton sedikit semen portland. (Dewi et al., 2016)

2.2. Karakteristik Beton Sedikit Semen Portland

Suatu beton dikatakan apabila sifat dari beton segar memenuhi kriteria sebagai berikut yaitu:

a. *Filling Ability*

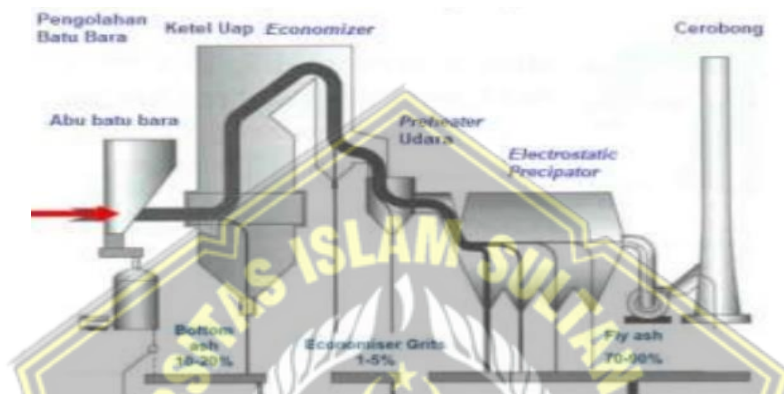
Kemampuan campuran beton baru untuk mengisi ruangan atau bentuk dengan beratnya sendiri diuji dengan menggunakan slump cone. Slump cone mengukur waktu yang dibutuhkan bahan untuk mengalir hingga diameter 50 cm (SF50) dan diameter maksimum yang dapat dialirkan (SFmax) adalah 65 hingga 75 cm.

b. *Passing Ability*

Kekuatan beton guna melewati ruang-ruang antara tulangan atau ruang-ruang kecil dalam cetakan ketika baru saja dicampur. (Rusyandi et al., 2012)

c. *Segregation Resistance*

Kekuatan pada percampuran beton yang segar pada perbedaan atau pemisahan, yang menunjukkan bahwa beton mempunyai sifat tersebut. Antara 7 dan 13 detik diperlukan agar beton segar segera mengalirkan cairan. Pemikiran mendasar yang dilakukan dalam siklus pembuatan *fly ash* ditampilkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Prinsip dasar produksi *fly ash*
(Sumber : Google)

Dalam SNI 03-6863-2002 (2002:146) spesifikasi sebagai bahan untuk campuran beton disebutkan ada 3 jenis yaitu :

1. *Fly Ash* jenis N, atau *fly ash* yang dibuat dengan cara mengkalsinasi pozzolan alam seperti diatomit, *shole*, *tuft*, dan tanah apung.
2. *Fly ash* tipe F, khususnya *fly ash* yang dihasilkan dari konsumsi batu bara antrasit pada suhu sekitar 1560 C
3. *Fly ash* tipe C, yaitu *fly ash* spesifik yang dihasilkan dengan mengkonsumsi lignit/batubara dengan kandungan karbon sekitar 60%.

Dengan kandungan kapur lebih dari 10% *fly ash* jenis ini memiliki sifat yang mirip dengan beton. *fly ash* tipe F dan tipe C memiliki sifat yang hampir mirip. Satu-satunya hal yang membedakan keduanya adalah komposisi kimianya. (Sulistyowati, 2013)

Fly Ash tipe F biasanya berasal dari konsumsi bitumen batubara, memiliki total kandungan silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3) dan ferum oksida (Fe_2O_3) paling sedikit 70% dari total berat kombinasi dan rendah kalsium oksida (CaO), yang berada di bawah 10%. Meskipun jenis ini memiliki bahan mineral bening tak bernyawa, *Fly Ash* jenis F ini sebenarnya memiliki sifat pozzolan. (Puro, 2014)

Fly Ash tipe F memiliki kecepatan ekspansi intensitas yang lebih lambat dibandingkan dengan *Fly Ash* tipe C. tipe C biasanya berasal dari konsumsi batu bara sub-bitumen dengan zat silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan ferum oksida (Fe_2O_3) kira-kira setengah dari berat keseluruhan dan kandungan kalsium oksida yang tinggi dari 10% menjadi 30%. Hampir semua bahan mineral yang terkandung dalam ini memiliki sifat reseptif, sehingga memiliki sifat pozzolan dan juga sifat semen. *Fly Ash* tipe C digunakan ketika diperlukan beton dengan kekuatan awal yang tinggi, karena salah satu kualitasnya adalah memiliki kekuatan awal yang tinggi dibandingkan dengan tipe F. (Cahyaka et al., 2018) Faktor-faktor yang mempengaruhi *workabilitas* sebagai berikut :

a. Gradasi Agregat

Agregat dicampur dengan rapi dari yang kecil hingga yang besar hingga semua rongga terisi beton. Strategi komprehensif ini dimulai dengan ukuran saringan terkecil yaitu 0,075 mm dan berlanjut ke batas 10 mm, 20 mm, dan 30 mm. Pada tingkat yang paling mendasar, kebutuhan substansial lebih besar ketika agregat yang lebih kecil digunakan daripada ketika total yang lebih besar digunakan.

b. Bentuk Partikel

Agregat beton biasanya bersumber dari sungai dan alam, tetapi juga dapat dipecah dari batu besar. Agregat alam, seperti karang atau kerikil, mempunyai permukaan halus, batu pecah berasal dari permukaan kasar dan melengkung. Kekuatan beton yang dihasilkan sangat didukung oleh lekukan dan kekasaran permukaan. (Ekaputri et al., 2007)

c. Proporsi Campuran

Dengan mengurangi jumlah campuran semen, bentuk partikel dan gradasi dapat diabaikan.

d. Kadar Air

Untuk mendapatkan beton yang berkualitas tinggi dan mudah dikerjakan, kadar air campuran perlu disesuaikan. Rasio berapa banyak semen yang digunakan untuk berapa banyak air yang digunakan. Menurut *Manual of Concrete Practice* mencantumkan beberapa kegunaan bahan tambah kimia (*admixture*) (ACI.212.IR-81) antara lain :

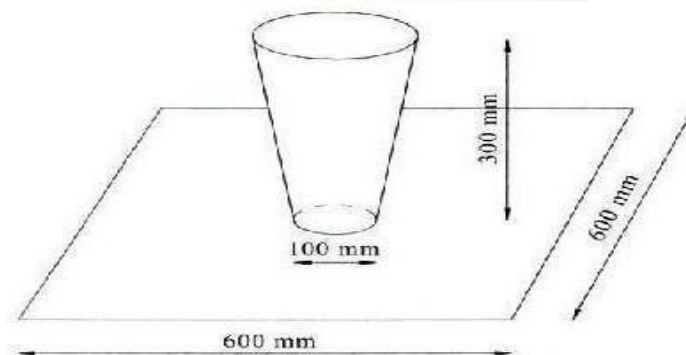
- a. Mengubah waktu pengerasan awal percampuran pada beton, baik secara perlahan maupun cepat.
- b. Berkurangnya *bleeding* dan *segregasi*.
- c. Berkurangnya nilai *slump test* yang hilang.
- d. Meningkatkan kemampuan kerja tanpa menambahkan air.
- e. Meningkatkan daya tahan beton, termasuk ketahanannya terhadap garam sulfat.
- f. Beton kedap air dan kapasitas air berkurang
- g. Membuat desain substansial yang kuat dan kedap air.
- h. Meningkatkan kekuatan ikatan dengan dukungan.
- i. Mencegah konsumsi yang terjadi dalam membangun baja.

2.3. Metode Tes

Teknik pengujian untuk menentukan kualitas substansial yang dapat mengatasi ketiga keadaan di atas adalah sebagai berikut:

2.3.1. *Slump Flow Test*

Tujuan penggunaan alat *Slump Cone* adalah untuk melihat apakah *Fly ash* dapat terisi. Dengan alat ini dapat diketahui kemampuan paduan yang cukup besar untuk menempati ruangan tersebut. Peralatan kerucut harus terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Alat Slump Flow Test
(Sumber : Google)

Cara kerja alat *Slump Cone* :

- Posisi diameter kecil ditempatkan dibawah *Slump Cone*. Papan datar terletak di dasar alat ini.
- Slump Cone* diisi dengan adukan beton sampai penuh. Seharusnya tidak terlihat oleh campuran beton.
- Pengangkatan *Slump Cone* dengan cara perlahan.
- Antara 3 hingga 6 detik diperlukan agar aliran beton mencapai diameter 50cm yang teruku (SF50).
- Aliran beton diameternya maksimum mencapai (SF_{max}), 65 hingga 75 cm.

Tabel 2. 1. Potongan dan Penataan *Fly ash*

Tabel 1. Komposisi dan Klasifikasi Fly ash			
Komponen	Bituminus	Sub-bituminus	Lignit
SiO ₂	20-60	40-60	15-45
Al ₂ O ₃	5-35	20-30	20-25
Fe ₂ O ₃	10-40	4-10	4-15
CaO	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10
SO ₃	0-4	0-2	0-10
Na ₂ O	0-4	0-2	0-6
K ₂ O	0-3	0-4	0-4
LOI	0-15	0-3	0-5

2.3.2. Pengujian kuat tekan

Kekuatan tekan beton ditentukan oleh beban per satuan luas ini. Dari konsekuensi uji kuat tekan ini, disadari bahwa contoh yang signifikan akan hilang jika tatahan ditambahkan dengan daya tekan tertentu dari mesin uji tegangan. (Adi S et al., 2018) Pengujian sampel benda uji merupakan salah satu cara untuk mengatur mutu beton. Kuat tekan semen adalah kuat tekan sebagian besar benda uji yang telah melampaui sekitar 95% dari benda uji. Nilai f_c didapat dari kuat tekan contoh uji bulat dan kosong dengan lebar 150 mm dan panjang 300 mm, sesuai dengan SK SNI T-15-1991 mengenai Metode Perhitungan Desain Substansial Struktur. saat ini berumur 28 hari. Perangkat keras uji tekanan substansial yang digunakan harus terlihat pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Alat Uji Kuat Tekan Beton
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Nilai kuat tekan semen ditentukan oleh kondisi yang menyertainya:

$$f_c' = \frac{P \times 100}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan : P = kuat tekan pada bacaan alat (kN)

A = luas penampang beton (cm²)

f_c'= kuat tekan beton (kg/cm²)

Benda uji silinder berdiameter 10 cm digunakan untuk pengujian beton. Itu harus diubah terlebih dahulu menjadi beton silinder dengan diameter 15 cm, kemudian menjadi kubus dengan dimensi 15x15x15 cm, dan terakhir dikalibrasi pada 28 hari untuk mendapatkan kuat tekan. Nilai konversi silinder berdiameter 10-15 cm yaitu 1,04, sedangkan nilai konversi silinder berdiameter 15 cm menjadi kubus yaitu 0,83. Cara menghitungnya sebagai berikut :

$$f_c' = \frac{P \times 100}{A \times 1,04 \times 0,83 \times kalibrasi} \dots\dots\dots(2.2)$$

Tabel 2. 2. Hasil uji kuat tekan karakteristik

VARIASI BENDA UJI	KUAT TEKAN KARAKTERISTIK (Kg/cm ²)			
	UMUR (hari)			
	3	7	14	28
BN	144,32	189,18	260,86	316,33
FA 1	148,93	201,00	275,96	320,72
FA 2	205,67	213,49	285,05	347,58
FA 3	215,84	236,57	302,45	377,30
FA 4	231,04	234,93	332,86	404,73

2.3.3. Agregat

Agregat memiliki posisi 70%-80% kualitas agregat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas beton dari total volume. Jika komposisi agregat direncanakan dengan hati-hati, beton akan ekonomis, kuat, dan dapat dikerjakan. Proses grading diperlukan sehingga massa beton dapat menjalankan fungsinya menjadi satu kesatuan yang homogen, kohesif, serta padat. (Ekaputri & Triwulan, 2013) Dua jenis agregat adalah:

a. Agregat Kasar

Ukuran maksimum agregat kasar dipakai guna memproduksi beton adalah 20 mm. Agregat kasar dibuat dari batu pecah atau kerikil terbuat dari pecahan batuan alami. Prasyarat keseluruhan untuk agregat Berikut ini adalah zat kasar yang digunakan untuk membuat campuran substansial :

1. Agregat kasar, misalnya, batu yang diperoleh dari batu normal, atau batu yang dihancurkan yang diperoleh dari penghancur batu.
2. Butir-butir yang keras dan kedap air membentuk agregat kasar. Kondisi cuaca seperti hujan atau matahari tidak dapat memisahkan atau memecah butiran kasar total karena daya tahannya.
3. Lebih banyak tidak harus diingat untuk agregat kasar (berat kering tidak sepenuhnya tetap).
4. Agregat kasar total tidak boleh mengandung bahan yang menghambat beton, misalnya bahan yang dapat menerima penetral korosif.

Tabel 2. 3 Sifat-sifat Agregat Kasar

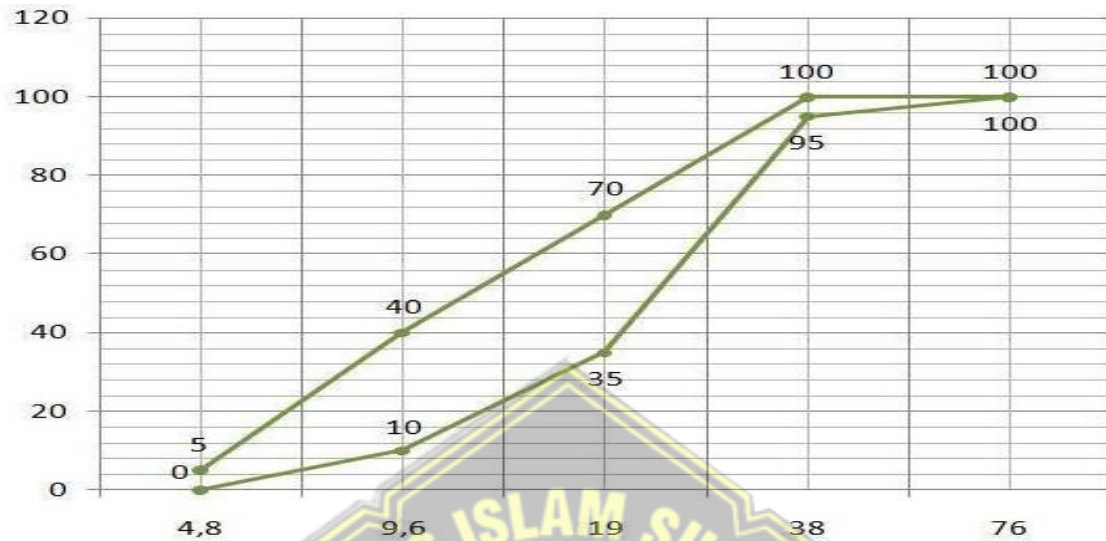
Sifat- sifat	Metode Pengujian	Ketentuan
Kehilangan akibat Abrasi Los Angeles	SNI 2417:2008	Tidak melampaui 40% untuk 500 putaran
Berat isi lepas	SNI 03-4804-1998	Minimum 1.200 kg/m ³
Berat Jenis	SNI 1970:2016	Minimum 2,1
Penyerapan oleh Air	SNI 1970:2016	<i>Air cooled blast furnace slag; maks.6%</i>
		Lainnya: 2,5%
Bentuk molekulnya rata dan lonjong dengan perbandingan 3:1	ASTM D4791-10	Maksimum 25%
Bidang Pecah, Tertahan ayaakan No.4	SNI 7619:2012	Minimum 95/90

(Sumber : Penetapan Umum Pekerjaan Pembangunan Jalan dan Perluasan Tahun 2018)

Karakteristik agregat dapat ditentukan melalui beberapa pengujian standar, antara lain pengayakan, pengujian berat jenis, infiltrasi air, berat satuan, kelembaban, dan kadar lumpur. Agregat kasar batu pecah merupakan agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini. (Pemanfaatan et al., 2014) Menurut ASTM C 33 - 03 dan ASTM C 125 - 06, "agregat kasar" adalah agregat yang memiliki ukuran butir lebih dari 4,75 milimeter. (Maryoto, 2008) Berikut ketentuan mengenai agregat kasar :

- Butiran tidak berpori dan keras;
- Sifat abadi butiran agregat, yang berarti tidak terjepit atau rusak oleh keadaan ekologis seperti iklim berangin atau terik matahari;
- Bersih area dari zat apapun yang dapat mengganggu kualitas beton;
- Kandungan lumpur maksimal ialah 1 %. Agregat kasar perlu dicuci apabila konsentrasi lumpur lebih besar dari 1%.

Berdasarkan SNI-03-2834-2000 (Cara Pembuatan Rencana Pencampuran Beton yang Normal), ketentuan gradasi agregat kasar (pemisahan) ditunjukkan pada tabel dan grafik di bawah ini:



Gambar 2. 4 Grafik Gradasi Agregat Kasar
(Sumber: SNI-03-2834-2000)



b. Agregat Halus

Agregat halus harus memenuhi SNI 03-6820-2002, sesuai dengan Penentuan Keseluruhan untuk Pekerjaan Pembangunan Jalan dan jembatan Tahun 2018. Agregat halus tersusun dari bahan yang keras, dan bersih, serta tidak terlapisi adapun pada butirannya, tidak rusak atau hancur karena cuaca serta faktor lingkungan:

- 1) Ukuran butiran kurang dari 4,75 mm (dari ayakan ASTM No.4).
- 2) Pasir alam terdiri sekurang-kurangnya 50% (terhadap berat).
- 3) Jika 2 atau lebih jenis agregat halus digabungkan, maka harus mengikuti spesifikasi yang umum pada pekerjaan konstruksi jalan serta jembatan pada tahun 2018.
- 4) Batu pecah yang memenuhi persyaratan kuat lentur harus disertakan dalam setiap fraksi agregat halus buatan minimum dalam SNI 4431 untuk perkerasan beton semen 2011 dan menggunakan bahan yang bukan plastis, sesuai SNI 1966:2008

Sifat-sifat agregat halus menurut metode pengujian dan ketentuan yang dijelaskan pada Penentuan Umum untuk Pekerjaan Pembangunan Jalan dan jembatan 2018 ada di tabel di bawah ini

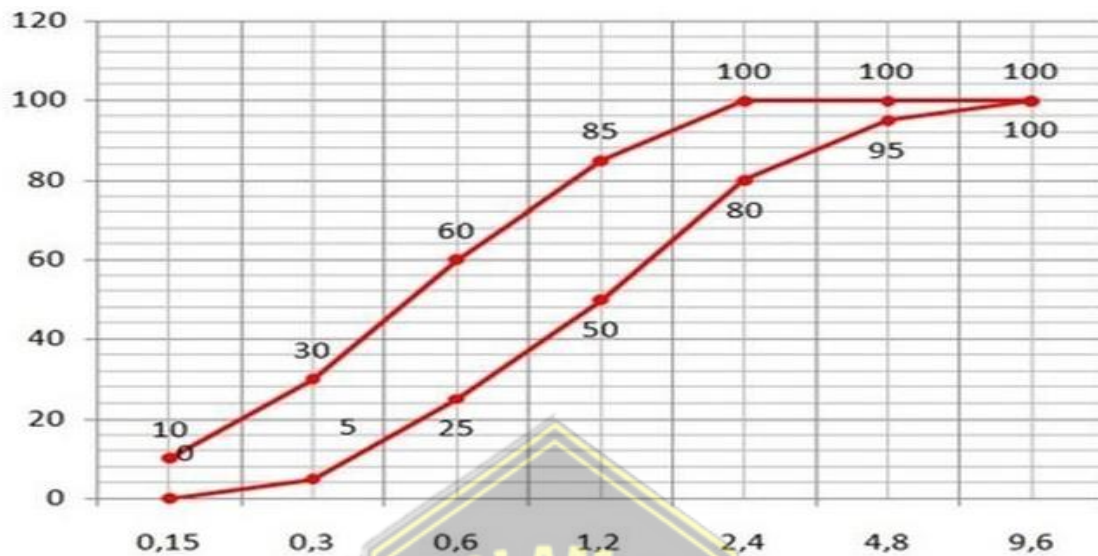
Tabel 2. 4 Sifat-sifat Agregat Halus

Sifat	Metode Pengujian	Ketentuan
Berat isi lepas	SNI 03-4804-1998	Min 1.200 kg/m ³
Penyerapan oleh Air	SNI 1969:2016	Max 5%

(Sumber: Detail Umum 2018 untuk Pekerjaan Pembangunan Jalan dan Jembatan)

Aggregat halus, atau disebut pasir, dapat muncul dari sumber normal seperti saluran air, pekerjaan tanah, atau benda pemecah batu. Sesuai ASTM C 125 - 06, baik total adalah baik total yang ukuran butirnya di bawah 4,75 mm. Pasir halus lengkap dengan butiran di bawah 1,2 milimeter, sedimen total dengan butiran di bawah 0,075 milimeter, dan residu habis dengan butiran di bawah 0,002 milimeter (SK SNI T-15-1991-03). "Detail Standar untuk Total Substansial" dari ASTM C 33/03 menggabungkan proposal untuk area total yang ideal.(Ash, 2020)

Berdasarkan pedoman dalam SNI-03-2834-2000 (Teknik Pembuatan Denah Substansi), kebutuhan kadar agregat halus digambarkan pada diagram di bawah ini:



Gambar 2. 5 Gradasi Agregat Halus
(Sumber: SNI-03-2834-2000)

2.3.4. *Portland cement*

Portland cement ialah bahan pengikat dalam campuran beton yang memiliki fungsi sebagai bahan pengikat butiran-butiran. Kandungan senyawa kimia dalam semen portland memiliki sifat yang cukup beragam.

Tricalcium aluminate (C3A), *tetracalcium aluminoferrite* (C4AF), *tricalcium silicate* (C3S), dan *dicalcium silicate* (C2S) adalah empat senyawa kimia utama semen portland. Dalam mengikat komponen mortar beton dan pasangan batu bata dengan tujuan membentuk satu kesatuan yang solid diperlukan suatu bahan perekat utama yaitu *Portland cement*. (Firda et al., 2021). Salah satu bagian yang mempengaruhi kuat tekan semen adalah jenis beton yang akan digunakan, sehingga sangat penting untuk mengetahui jenis material yang telah dinormalisasi di Indonesia.

Semen Portland diklasifikasikan menjadi lima jenis menurut ASTM C150, yaitu:

- Tipe I : *Ordinary Portland Cement* (OPC), semen yang digunakan untuk penggunaan umum, tidak diperlukannya persyaratan khusus (panas hidrasi, ketahanan terhadap sulfat, kekuatan awal).
- Tipe II : *Moderate Sulphate Cement*, semen yang digunakan untuk beton yang tahan terhadap sulfat sedang dan mempunyai panas hidrasi sedang.
- Tipe III : *High Early Strength Cement*, semen yang digunakan untuk beton dengan kekuatan awal yang tinggi (cepat mengeras).
- Tipe IV : *Low Heat of Hydration Cement*, semen yang digunakan untuk beton yang hidrasi rendah, dengan kekuatan awal rendah.

2.3.5. Accelerator

Accelerator adalah Bahan kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan jika penuangan adukan dilakukan dibawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan pengerasan segera. (Sultan et al., 2019)

2.3.6. Air

Tanpa air, semen tidak bisa berubah menjadi pasta. Agar beton dapat dikerjakan dan menghidrasi semen serta mengubahnya menjadi pasta, kandungan air dalam beton cair harus selalu ada.

Air dipakai ke dalam campuran pada beton yang harus melengkapi ketentuan khusus, berikut ketentuan khususnya :

1. Air bersih yang tidak mengandung minyak, garam, organik, asam, alkali, atau zat lain yang dapat merusak beton atau baja tulangan yang diperlukan untuk membuat beton.
2. Air tidak boleh mengandung lebih dari 500 mg klorida (Cl) per liter.
3. Air baru yang tidak dapat dikonsumsi tidak akan digunakan untuk membuat beton.

2.3.7. *Fly Ash*

Karena biayanya yang relatif murah dibandingkan dengan biaya bahan bakar minyak untuk industri, batu bara saat ini digunakan dalam jumlah yang lebih besar di industri. Di satu sisi, penggunaan batu bara sebagai sumber energi untuk menggantikan bahan bakar minyak sangat produktif, namun di sisi lain, hal ini dapat menimbulkan sejumlah masalah. Abu terbang batu bara, yang dihasilkan ketika batu bara digunakan, merupakan masalah utama dalam pemanfaatan batu bara. (Wayan Suarnita, 2011) Sejumlah penggunaan batu bara akan menghasilkan abu batu bara sekitar 2-10 %.

Saat ini, pemborosan batu bara yang dilakukan oleh para eksekutif terbatas pada penimbunan di wilayah jalur produksi. *Fly ash* sangat penting untuk penumpukan pembakaran batubara sebagai partikel halus yang lemah. *Fly ash* adalah bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan materi mineral karena kerangka pengapian. Pendekatan yang paling terkenal untuk mengkonsumsi batubara di unit pembuat uap (evaporator) akan membingkai dua jenis sampah, khususnya *Fly ash* dan *Fly ash* esensial. 10 hingga 20 persen *Fly Ash* dasar dan 80 hingga 90 persen serpihan *fly ash* menyusun struktur batu bara. *Fly ash* dengan alat pengendap elektrik sebelum dikeluarkan melalui cerobong asap. (Rusyandi et al., 2012)

2.4. Penelitian Beton Sedikit Semen Portland

Sejak ditemukannya Beton Sedikit Semen Portland, banyak penelitian yang terus dilakukan untuk mendapatkan Beton yang lebih baik lagi. Berikut ini adalah beberapa penelitian terdahulu tentang Beton Sedikit Semen Portland dengan memanfaatkan *fly ash*.

Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu Yang Sejenis

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Mira Setiawati dan Muhammad Imaduddin (2018)	<i>Fly Ash</i> Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton	pemanfaatan sisa <i>Fly Ash</i> sebesar 5%, 7,5%, 10% dan 12,5%. Setiap varietas bahan akan dicoba saat bahan matang 3, 7, 14 dan 28 hari dengan 12 contoh untuk setiap varietas.	Kekuatan tekan substansial insentif untuk setiap contoh substansial yang khas memenuhi nilai kekuatan tekan standar K-300.
2	Masyita Dewi Koraia (2013)	Pengaruh Penambahan <i>Fly Ash</i> Dalam Campuran Beton Sebagai Substitusi Semen Ditinjau Dari Umur Dan Kuat Tekan	Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah : 1. Agregat halus (pasir) berasal dari daerah Musi II 2. Agregat kasar berasal dari daerah Lahat. 3. Air, untuk campuran beton adalah air PAM	Hal ini terlihat dari hasil uji slump bahwa nilai slump semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah <i>Fly Ash</i> yang ditambahkan.
3	Siska Apriwelnidan Nugraha Bintang Wirawan (2020)	Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Memanfaatkan <i>Fly Ash</i> dan Bubuk Kaca Sebagai Bahan Pengisi	Ujian diarahkan pada fasilitas Riset Utama Organisasi Inovasi Sumatera, Lampung Selatan. Ada beberapa tahapan penelitian, antara lain: kajian penulisan dan penulisan yang berhubungan dengan titik eksplorasi, penyusunan bahan pembuatan beton, penilaian bahan pembuatan beton.	Mengingat konsekuensi sifat material dan pemeriksaan eksplorasi pada beton yang dibuat dengan <i>Fly Ash</i> dan bubuk kaca. Beton yang dibuat dengan <i>Fly Ash</i> dan serbuk kaca memiliki kuat tekan yang lebih tinggi daripada beton biasa.
4	Muhammad Darmawan (2021)	Penambahan <i>Fly Ash</i> Sebagai Bahan Campuran Beton Normal	Strategi pemeriksaan adalah metode logis untuk memiliki pilihan untuk mendapatkan dan memiliki pilihan untuk mengumpulkan informasi dengan kemampuan dan target yang eksplisit, dalam eksplorasi ini juga memiliki beberapa langkah pemeriksaan.	Hasil kuat tekan semen tipikal memiliki kuat tekan paling tinggi dibandingkan dengan beton yang dicampur <i>Fly Ash</i> dengan 7%, 14% dan 21%.

5	Rosi Mutiara Sya'bani Sumarna1, Eko Walujodjati (2021)	Pengaruh <i>Fly Ash</i> Terhadap Permeabilitas Beton	Teknik yang digunakan dalam penelitian ini adalah strategi uji coba (<i>try</i>) yang dilakukan di fasilitas penelitian. Strategi ini diarahkan pada hasil.	Konsekuensi korelasi dari setiap kombinasi penggantian beton portland dengan <i>Fly Ash</i> ditambah dengan Type F (super plasticizer).
6	Kukun Rusyandi, Jamul Mukodas, Yadi Gunawan (2012)	Perancangan <i>Betonsel</i> <i>Compacting Concrete</i> (Beton Memadat Sendiri) Dengan Penambahandan Structuro	Metodologi penelitian adalah mengarahkan tinjauan penulisan untuk memperoleh ekspulsi dan pemahaman yang tak tertandingi dari pematat itu sendiri.	Pemanfaatan <i>Fly Ash</i> dapat digunakan sebagai pengisi atau pengganti beton dalam pembuatan rencana substansial
7	Ani Firda, Rosmalinda Permatasari, Indra Syahrul Fuad (2021)	Pemanfaatan Limbah Batubara (<i>Fly Ash</i>) Sebagai Material Pengganti Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton Ringan	Dalam ulasan ini, informasi penting digunakan melalui contoh eksplorasi dengan kombinasi berbeda dan informasi opsional.	Dari hasil eksplorasi yang dilakukan, <i>Fly Ash</i> yang merupakan limbah batubara dapat dimanfaatkan sebagai bahan substitusi dari total kasar
8	Adrian Philip Marthinus Marthin D. J. Sumajouw, Reky S. Windah (2015)	Pengaruh Penambahan Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>) Terhadap Kuat Tarik Belah Beton	Dalam eksplorasi ini, contoh substansial akan dibuat untuk pengujian kekakuan split. Bagan alur strategi pemeriksaan	memiliki nilai kekenyalan belah paling besar pada tingkat terbang puing-puing (<i>Fly Ash</i>) 30% yang setara dengan 3,21 MPa
9	Adriyan Candra Purnama, Januarti Jaya Ekaputri (2021)	Penggunaan <i>Fly Ash</i> sebagai Agregat Buatan Pengganti Agregat Alami pada Campuran Beton	<i>Fly Ash</i> Kelas F Unit Pembangkit PT Indonesia Power Suralaya.	Setelah tahap pembuatan benda uji, membasahi benda uji dengan air, menguji daya adaptasi dan kuat tekan bahan.

10	Alfian Hendri Umboh Marthin D. J. Sumajouw, Reky S. Windah (2021)	Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>) Dari PLTU Ii Sulawesi Utara Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton	dilakukan di Fasilitas Penelitian Desain dan Material Bangunan, Cabang Perancangan Struktur, Tenaga Perancangan, Sekolah Tinggi Sam Ratulangi, Manado.	penambahan 30%, 40%, 50%, 60%, dan 70% <i>fly ash</i> (abu terbang) dalam persentase.
11	Arif Desvian, Arya Fredy (2023)	Analisa Beton Ramah Lingkungan (Green Concrete) Dengan Pemanfaatan <i>Fly Ash</i> Sebagai Material Substitusi Portland Untuk Perkerasan Jalan	Dilakukan hanya di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Universitas Islam Sultan Agung Semarang	Pemanfaatan <i>Fly Ash</i> sebagai material penambah dalam bahan campuran beton



BAB III

METODE PENELITIAN

1.1. Persiapan

Metode *eksperimental* laboratorium yang dipakai pada saat penelitian yang melakukannya di dalam laboratorium dengan membuat benda uji berupa silinder beton berukuran 15 x 30 cm. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Fakultas Teknik Unissula.

1. Pengaturan yang dilakukan sebelum mengarahkan eksplorasi ini adalah:
2. Siapkan alat tulis, skema kerja yang akan dijalankan dan juga *logbook* untuk pencatatan rutin terhadap data yang diperoleh selama kegiatan penelitian;
3. Mempersiapkan semua peralatan-peralatan yang akan digunakan dan membersihkan segala kotoran sebelum digunakan;
4. Mempersiapkan semua bahan yang akan digunakan dan menakarnya sesuai kebutuhan.
5. Memastikan ruang cetakan yang akan diisi beton sudah terbebas dari kotoran.
6. Memastikan timbangan digital yang akan digunakan sudah sesuai ketelitian 1 gram.
7. Memastikan semua peralatan apakah sudah sesuai *standar* dan dalam kondisi dapat digunakan.
8. Persiapan penyiraman material dan pembersihan material.
9. Pengecekan kadar air dan kadar lumpur.
10. Gradasi material

1.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam eksplorasi adalah sebagai berikut:

1. Semen
Beton yang akan digunakan adalah Semen Gresik dengan beban 40 kg.
2. *Fly Ash*
Fly Ash bahan campuran tambahan
3. Agregat Halus
Pasir Muntilan merupakan agregat halus yang digunakan.
4. Agregat Kasar
Agregat kasar dipakai pada beton ini ialah berukuran maksimal 20 mm

5. Air

Air yang dipakai ialah air di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

6. *Accelerator*

Zat adiktif yang digunakan adalah *Accelerator*

1.3.Peralatan

Perangkat yang digunakan dalam pemeriksaan ini antara lain:

1. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur total berat total dan semen.

2. Saringan

Strainer yang terlibat adalah ayakan total yang perubahan ukuran bukaan strainer 4,80 mm; 1,20mm; 0,6mm; 0,3 mm dan 0,015 mm dilengkapi dengan penutup ayakan dan digetarkan dengan mesin pemisah.

3. Memperkirakan Piala

Gelas takar dalam penelitian ini digunakan untuk menentukan berapa banyak air dan obat-obatan untuk merakit contoh-contoh substansial berbentuk gentong.

4. Piknometer

Piknometer dalam penelitian ini digunakan untuk menentukan kandungan kotoran total.

5. oven

oven digunakan untuk mengeringkan total sehingga sesuai dengan pengaturan total yang diperlukan.

6. Setelah beton segar tercampur

digunakan cetakan beton berbentuk silinder sebagai wadah cetakan.

7. Mesin Penguji Tekanan

Pressure Testing Machine sebagai alat untuk menentukan nilai tekan dari bahan yang diuji.

8. Aparatur Penunjang

Sebagian alat pendukung yang digunakan dalam penelitian ini adalah ember, gayung, selang air dan lain-lain

9. *Mixer*

Mixer sebagai mesin yang digunakan untuk mengaduk beton, *mixer* dengan menggunakan kapasitas 0,8 m³

1.4. Pembuatan Benda Uji

Substansi dalam pemeriksaan ini adalah semen biasa dengan berbagai struktur *Fly Ash* yang berkorelasi dengan nilai kuat tekan $fc'20$ track yang dicapai. *Mix design*. adalah proses pembuatan belokan uji setelah dilakukan pengujian (kebersihan agregat terhadap lumpur, berat jenis, berat volume, air resapan, analisa saringan, dan kelembapan).

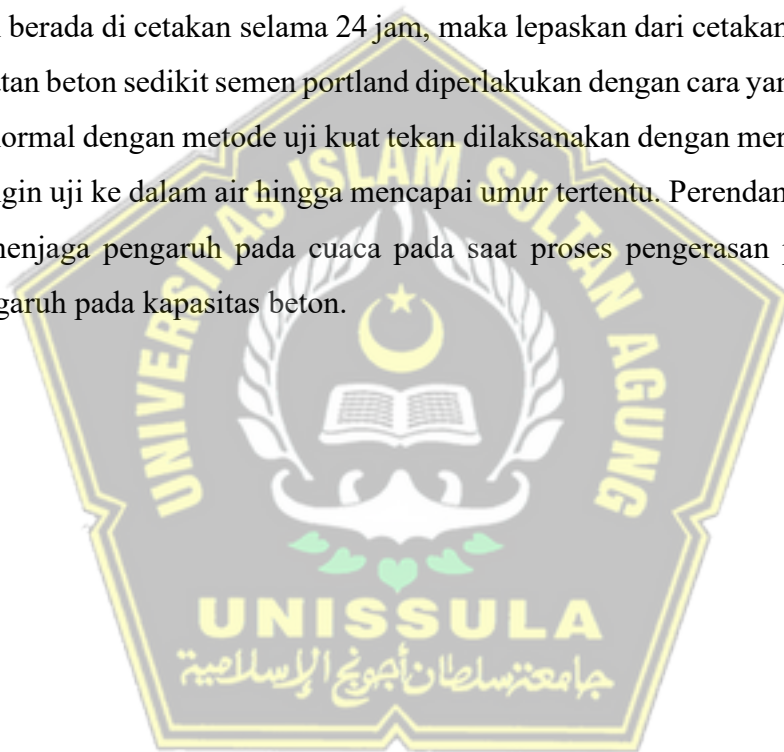
Metode yang dipakai penelitian untuk perencanaan beton, umum dipakai pada perencanaan beton normal. Mempersiapkan komposisi bahan untuk desain campuran selanjutnya menyederhanakan komposisi desain campuran dengan menentukan variabel tetap dan berubah.

- a. Variabel – variabel tetap
 - 1) Semen.
 - 2) *Fly Ash*
 - 3) Agregat.
 - 4) Pasir.
- b. Variabel – variabel berubah
 - 1) Persentase nilai *fast track* pada pembukaan beton umur 7, 14 dan 28 hari.
 - 2) Jumlah air yang dibutuhkan untuk menapai berbagai tingkat kemampuan mengalir bervariasi tergantung pada berbagai variasi komponen *mix design* dan komposisi bahan yang berubah.

Benda uji pada masing-masing perlakuan sebanyak 30 buah ditempatkan pada Benda uji berupa bejana dengan ukuran lebar 15 cm dan tinggi 30 cm. Berikut tahapan pembuatannya:

- a. Siapkan peralatan untuk produksi benda uji.
- b. Siapkan persediaan atau bahan sesuai dengan ukuran yang sudah direncanakan.
- c. Memasukkan agregat ke alat pencampur, dan aduk atau campur hingga tercampur rata.
- d. Masukkan semen pada dalam alat pencampur, tambahkan air, dan tunggu hingga tercampur rata.
- e. Masukkan pasir, tambahkan sisa-sisa air yang sebelumnya di masukkan.
- f. Kemudian, masukkan zat *Accelerator*,. Setelah ditambahkan *Accelerator*, waktu pencampuran minimum 3 menit. Jika adonan belum diencerkan sebelum ditambahkan *Accelerator*
- g. Kemudian aduk hingga merata, untuk menghindari pemisahan.

- h. Kemudian lakukan *slump flow test* guna pengukuran diameter yang menyebar pada Beton *self-compacting*.
- i. Tambahkan dosis *Accelerator* yang sudah ditentukan, dikerjakan sampai uji pada beton segar mencukupi syarat yang direncanakan. Apabila campuran pada saat analisis tidak memenuhi persyaratan atau tidak cukup air.
- j. Jika beton segar tidak memenuhi syarat atau terlalu cair setelah ditambahkan dosis *Accelerator*, campuran *Accelerator* harus direncanakan dengan kadar air yang lebih rendah.
- k. Setelah analisis beton memenuhi persyaratan yang direncanakan, pencetakan benda ujidapat dilakukan.
- l. Setelah berada di cetakan selama 24 jam, maka lepaskan dari cetakan
- m. Perawatan beton sedikit semen portland diperlakukan dengan cara yang sama misalnya beton normal dengan metode uji kuat tekan dilaksanakan dengan merendamkan benda yang ingin uji ke dalam air hingga mencapai umur tertentu. Perendaman dilaksanakan guna menjaga pengaruh pada cuaca pada saat proses pengerasan pada beton yang berpengaruh pada kapasitas beton.



DESIGN MIX FORMULA											
BETON MUTU RENDAH											
Fc' = 20 Mpa											
No.	MATERIAL			Sumber Bahan			Berat SSD		Berat		
									TRIAL	BATCH	Kumulatif
							1	m³	0,5	m³	Agregat
1	Tanggal										
2	Semen			OPC Tipe 1 ex Gresik			325	Kg	162,5	Kg	
3	Pasir Alam			ex Merapi			798	Kg	398,8	Kg	
4	Batu Pecah 1-2 (max size 3/4 “)			ex Gringsing, Kab. Batang, Jawa Tengah		40%	472	Kg	235,9	Kg	
5	Batu Pecah 2-3 (max size 1 1/2 “)					60%	708	Kg	353,8	Kg	
6	Air			Sumur Lokal			163	Kg	81,56	Kg	
7	Additif	Accelerator		Sikament VZ (Type D)		0,25%	-	Kg	-	Kg	
			(on plant)	Density =		Kg/ Lt	-	Liter	-	Liter	
8	Density						2.465	kg/m³	1232,50	kg/m³	
9	Slump						8 ± 2	cm	8 ± 2	cm	

Tabel 3. 1. Campuran beton normal

DESIGN MIX FORMULA										
BETON MUTU RENDAH $f_c' = 20 \text{ Mpa}$										
No.	MATERIAL			Sumber Bahan			Berat SSD		Berat	
							1	m^3	TRIAL BATCH	Kumulatif
									0,5	m^3
										Agregat
1	Tanggal									
2	Semen			OPC Tipe 1 ex Gresik			163	Kg	81,3	Kg
3	Pasir Alam			ex Merapi			798	Kg	398,8	Kg
4	Batu Pecah 1-2 (max size 3/4 “)			ex Gringsing, Kab. Batang, Jawa Tengah		40%	472	Kg	235,9	Kg
5	Batu Pecah 2-3 (max size 1 1/2 “)					60%	708	Kg	353,8	Kg
6	Air			Sumur Lokal			163	Kg	81,56	Kg
7	Additif		Accelerator	Sikament VZ (Type D)		0,51%	-	Kg	-	Kg
			(on plant)	Density =		Kg/ Lt	-	Liter	-	Liter
8	Density						2.303	kg/m^3	1151,25	kg/m^3
9	Slump						8 ± 2	cm	8 ± 2	cm
10	Fly Ash (FA)			K 1		50%	162,5	cm	81,3	cm
11	Serat Ulin						3%			

Tabel 3. 2. Campuran Fly ash (K1) sebesar 50 %

DESIGN MIX FORMULA										
BETON MUTU RENDAH $F_c' = 20 \text{ Mpa}$										
No.	MATERIAL			Sumber Bahan			Berat SSD		Berat	
							1	m^3	TRIAL BATCH	Kumulatif
									0,5	m^3 Agregat
1	Tanggal									
2	Semen			OPC Tipe 1 ex Gresik			130	Kg	65,0	Kg
3	Pasir Alam			ex Merapi			798	Kg	398,8	Kg
4	Batu Pecah 1-2 (max size 3/4 “)			ex Gringsing, Kab. Batang, Jawa Tengah		40%	472	Kg	235,9	Kg
5	Batu Pecah 2-3 (max size 1 1/2 “)					60%	708	Kg	353,8	Kg
6	Air			Sumur Lokal			163	Kg	81,56	Kg
7	Additif	Accelerator		Sikament VZ (Type D)		0,64%	-	Kg	-	Kg
			(on plant)	Density =		Kg/ Lt	-	$Liter$	-	$Liter$
8	Density						2.270	kg/m^3	1135,00	kg/m^3
9	Slump						8 ± 2	cm	8 ± 2	cm
10	Fly Ash (FA)				K3	40%	195	kg	97,5	kg
11						19%				

Tabel 3. 3. Campuran Fly Ash (K3) sebesar 60 %

DESIGN MIX FORMULA										
BETON MUTU RENDAH $F_c' = 20 \text{ Mpa}$										
No.	MATERIAL			Sumber Bahan			Berat SSD		Berat	
									TRIAL BATCH	Kumulatif
							1	m^3	0,5	m^3
										Agregat
1	Tanggal									
2	Semen			OPC Tipe 1 ex Gresik			98	Kg	48,8	Kg
3	Pasir Alam			ex Merapi			798	Kg	398,8	Kg
4	Batu Pecah 1-2 (max size 3/4 “)			ex Gringsing, Kab. Batang, Jawa Tengah	40%	472	Kg	235,9	Kg	
5	Batu Pecah 2-3 (max size 1 1/2 “)				60%	708	Kg	353,8	Kg	
6	Air			Sumur Lokal			163	Kg	81,56	Kg
7	Additif	Accelerator		Sikament VZ (Type D)		0,85%	-	Kg	-	Kg
			(on plant)	Density =		Kg/ Lt	-	Liter	-	Liter
8	Density						2.238	kg/m^3	1118,75	kg/m^3
9	Slump						8 ± 2	kg	8 ± 2	kg
10	Fly Ash (FA)			K 2	30%	227	cm		113,7	cm
11	Serat Ulin				6%					

Tabel 3. 4. Campuran Fly ash (K2) sebesar 70 %

1.5. Uji Tekan

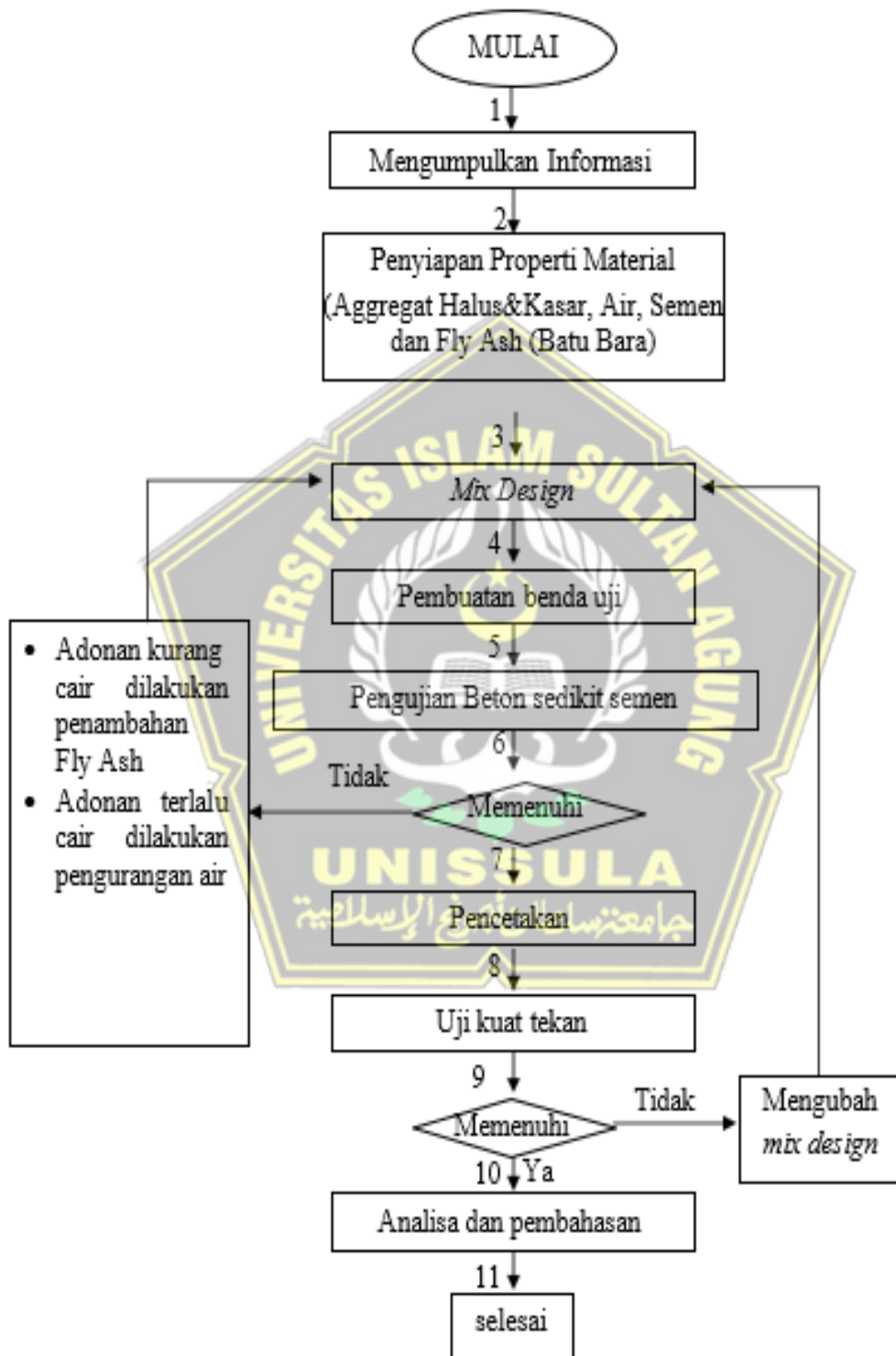
Rencana pengujian ini untuk menentukan kekuatan tekan dan dampak ekspansi *Fly Ash* pada contoh yang dibuat berdasarkan rencana campuran. Pengujian selesai pada usia umur 7, 14 dan 28 hari setelah pembuatan beton dan perawatan. Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

- a. Contoh diambil dari pancuran genangan sehari sebelum ujian.
- b. Sebelum dicoba, benda uji dikeringkan dengan cara dijemur atau dijemur di bawah sinar matahari
- a. Berat benda uji pertama kali ditentukan dengan menimbanginya.
- b. Lakukan penyesuaian pada media yang dikompresi sampai benda uji di tengah balok kompresi bawah dan atas. Atur benda uji pada skala. Pastikan itu dimulai dari nol.
- c. Untuk memulai pengujian, terapkan beban tekan dari 0 sampai beban maksimal(retak), lalu catatlah hasilnya.
- d. Hitunglah menggunakan rumus.



1.6. Bagan Alir

Gambar tersebut menggambarkan bagan penelitian, yang menguraikan tahapan-tahapan yang harus diselesaikan dapat dilihat di gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian

1.7. Metode Analisis

Penelitian ini bersifat eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Unissula Semarang, bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton Sedikit Semen Portland dengan pengaruh *Fly Ash* pada metode *fast track* dengan kuat tekan rencana $F_c'20\text{MPa}$. Alir pengujian dalam penelitian ini diawali dengan:

1. Menggali informasi

Referensi mengenai penelitian serupa yang pernah dilakukan menjadi alternatif untuk dijadikan sebagai pedoman pada proses pengerjaan.

2. Persiapan alat dan Bahan

Seperti yang sudah peneliti jabarkan dalam sub bab 3.2 dan 3.3 alat dan bahan harus dipersiapkan sebelum pembuatan benda uji.

3. Analisa Material

Analisa ini diperlukan guna memperoleh komposisi yang tepat untuk bahan material yang akan digunakan dan sesuai dengan pedoman.

4. *Mix Design*

Mix desain dilakukan setelah pengujian material memenuhi standar dan tahap ini juga sangat perlu diperhatikan melihat tahap *Mix Desain* ini bertujuan untuk pemilihan bahan campuran yang tepat baik berdasar kualitas dan kuantitas bahan campuran yang dipilih. Disini peneliti menggunakan bahan campuran yaitu

5. Pembuatan benda uji

Seperti yang sudah peneliti jabarkan pada sub bab 3.4 bahwa tahap pembuatan benda ujimerujuk pada standar yang berlaku.

6. Pengujian

Pengujian ini dilakukan dengan uji aliran terkulai. Tes diselesaikan dengan instrumen *slump cone* yang diarahkan untuk menguji kemampuan mengisi.

7. Hasil Uji

Seperti yang sudah peneliti jabarkan pada sub bab 2.3 bahwa Pengukuran terbesar dicapai dengan arus besar terekam (SF_{max}), 65 - 75 cm. Dengan asumsi campuran selama pengujian semen baru tidak memenuhi kebutuhan (tidak cukup cair), maka perluasan bagian *Accelerator* yang telah ditentukan sebelumnya selesai, hingga pengujian substansial baru memenuhi prasyarat. Jika hasil uji sudah memenuhi maka bisa dilanjutkan untuk tahap berikutnya. Pencetakan dilakukan dengan benda uji cetakan silinder.

8. Uji kuat tekan
9. Seperti yang sudah peneliti jabarkan pada sub bab 3.5 bahwa rencana pengujian ini untuk menentukan kekuatan tekan dan dampak perluasan *Fly Ash* pada benda uji yang dibuat berdasarkan rencana campuran.
10. Hasil Uji kuat tekan
11. Seperti yang sudah peneliti jabarkan pada sub bab 1.5 batasan masalah bahwa Kuat tekan rencana 200 kg/cm^2 ($f_c'20E$) maka jika sudah terpenuhi bisa dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Apabila belum sesuai target yang peneliti tetapkan, maka perlu dilakukan lagi untuk *trial mix design*.
12. Analisa dan Pembahasan
13. Dalam tahap ini, hasil pengujian meliputi kekuatan dan sifat dari hasil campuran zat aditif *Fly Ash* akan dibedah di mana semua teknik dan siklus tes telah dipahami di bagian 3.
14. Selesai



BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Data pemeriksaan pemeriksaan ayakan total halus harus terlihat pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4. 1. Data Penyaringan Agregat Halus

No	Ukuran Saringan (mm)	Berat cawan (g)	Berat cawan + agregat (g)	Berat agregat (g)
1	9,5	45	45	0
2	4,75	45	60	15
3	2,36	45	140	95
4	2	45	115	70
5	0,6	45	505	460
6	0,15	45	325	280
7	0,075	45	80	35
8	Pan	45	45	0
Jumlah				955

Perhitungan Analisa Saringan didapat menggunakn rumus di bawah ini untuk mengetahui berat kehilangan agregat.

$$\text{Berat kehilangan} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots (4.5)$$

Keterangan : a = Berat agregat semula

b = Berat agregat setelah disaring

Berat agregat semula = 1000 gr

Berat agregat setelah disaring = 955 gr

$$\begin{aligned}
 \text{Berat kehilangan} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% / \\
 &= \frac{1000-950}{1000} \times 100\% / \\
 &= 4,5 \%
 \end{aligned}$$

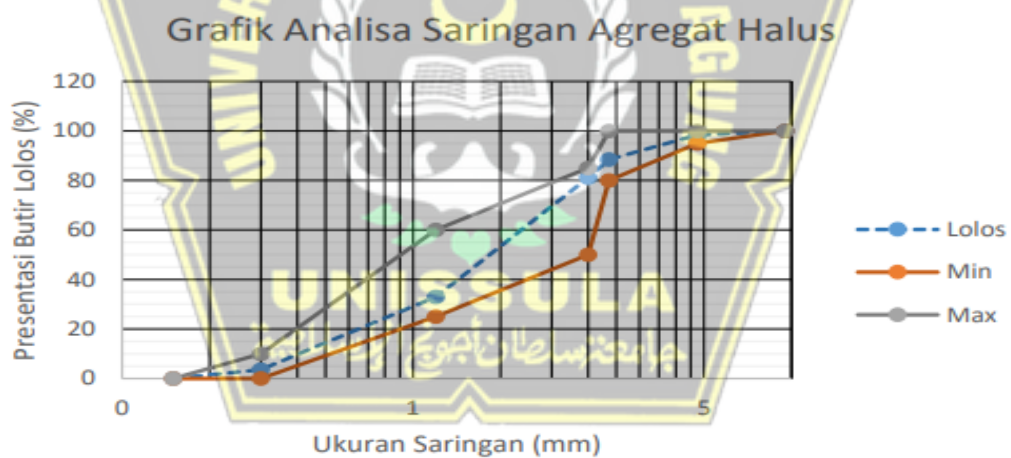
- a. Persentase agregat tertinggal $= \frac{c}{\Sigma c} \times 100 \%$
1. Tertahan komulatif ϕ 9,5 $= \frac{0}{955} \times 100 \%$ = 0 %
 2. Tertahan komulatif ϕ 4,75 $= \frac{15}{955} \times 100 \%$ = 1,57 %
 3. Tertahan komulatif ϕ 2,36 $= \frac{95}{955} \times 100 \%$ = 9,95 %
 - Tertahan komulatif ϕ 2 $= \frac{70}{955} \times 100 \%$ = 7,33 %
 5. Tertahan komulatif ϕ 0,6 $= \frac{460}{955} \times 100 \%$ = 48,17 %
 6. Tertahan komulatif ϕ 0,15 $= \frac{280}{955} \times 100 \%$ = 29,32 %
 7. Tertahan komulatif ϕ 0,075 $= \frac{35}{955} \times 100 \%$ = 3,66 %
- b. Komulatif agregat tertinggal
1. Lolos saringan ϕ 9,5 $= (0 + 0) \%$ = 0 %
 2. Lolos saringan ϕ 4,75 $= (0 + 1,57) \%$ = 1,57 %
 3. Lolos saringan ϕ 2,36 $= (1,57 + 9,95) \%$ = 11,52 %
 4. Lolos saringan ϕ 2 $= (11,52 + 7,33) \%$ = 18,85 %
 5. Lolos saringan ϕ 0,6 $= (18,85 + 48,17) \%$ = 67,02 %
 6. Lolos saringan ϕ 0,15 $= (67,02 + 29,32) \%$ = 96,34 %
 7. Lolos saringan ϕ 0,075 $= (96,34 + 3,67) \%$ = 100 %
- c. Persentase Finer (f) $= 100 \%$ - komulatif agregat tertinggal
1. Saringan ϕ 9,5 $= 100 \%$ - 0 % = 100 %
 2. Saringan ϕ 4,75 $= 100 \%$ - 1,57 % = 98,43 %
 3. Saringan ϕ 2,36 $= 100 \%$ - 11,52 % = 88,48 %
 4. Saringan ϕ 2 $= 100 \%$ - 18,85 % = 81,15 %
 5. Saringan ϕ 0,6 $= 100 \%$ - 67,02 % = 32,98 %
 6. Saringan ϕ 0,15 $= 100 \%$ - 96,34 % = 3,66 %
 7. Saringan ϕ 0,075 $= 100 \%$ - 100 % = 0 %

Dari hasil perhitungan pemeriksaan agregat halus yang dilakukan harus dapat dilihat pada Tabel 4.2. di bawah ini.

Tabel 4. 2. Data Penyaringan Agregat Halus

No	Ukuran saringan (mm)	Berat agregat (g)	Persentase agregat tertinggal (%)	Komulatif agregat tertinggal (%)	Persentase <i>finer</i> (%)	Spesifikasi Kadar Teknis	
						Min	Max
1	9,5	0	0	0	100	100	100
2	4,75	15	1,57	1,57	98,43	95	100
3	2,36	95	9,95	11,52	88,48	80	100
4	2	70	7,33	18,85	81,15	50	85
5	0,6	460	48,15	67,02	32,98	25	60
6	0,15	280	29,32	96,34	3,66	0	10
7	0,075	35	3,66	100	0	-	-
Jumlah		955	99,98	295,3	404,7	-	-

Dari hasil perhitungan analisa saringan agregat halus di atas didapatkan hasil pada grafik di bawah ini.



Gambar 4. 1. Grafik Analisa Saringan Agregat Haluss

Berdasarkan grafik penyelidikan pengayakan total halus di atas, agregat halus yang digunakan sudah memenuhi standar karena berada pada batas jangkauan yang telah ditentukan.

4.2. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Data Pemeriksaan saringan agregat kasar harus terlihat pada tabel di bawahnya

Tabel 4. 3. Data Penyaringan Agregat Kasar

Ukuran Saringan (mm)	Berat Cawan (gram)	Berat cawan + Agregat (gram)	Berat agregat (gram)
25	45	55	10
19	45	375	330
12,5	45	450	405
Jumlah			745

Perhitungan Analisa Saringan didapat menggunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui berat kehilangan agregat.

$$\text{Berat kehilangan} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots \dots \dots (4.10)$$

Keterangan : a = Berat agregat semula

b = Berat agregat setelah disaring

Berat agregat semula = 1000 g

Berat agregat setelah disaring = 745 g

$$\begin{aligned} \text{Berat kehilangan} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{1000-745}{1000} \times 100\% \\ &= 25,5 \, \% \end{aligned}$$

$$4.3. \quad \text{Persentase agregat tertinggal} = \frac{c}{\sum c} \times 100 \, \%$$

$$4.3.1. \quad \text{Tertahan komulatif } \phi \, 25 = \frac{10}{745} \times 100 \, \% = 1,34 \, \%$$

$$2. \quad \text{Tertahan komulatif } \phi \, 19 = \frac{330}{745} \times 100 \, \% = 44,30 \, \%$$

$$3. \quad \text{Tertahan komulatif } \phi \, 12,5 = \frac{405}{745} \times 100 \, \% = 54,36 \, \%$$

4.4. Komulatif agregat tertinggal

$$1. \quad \text{Lolos saringan } \phi \, 25 = (0 + 1,34) \, \% = 1,34 \, \%$$

$$2. \quad \text{Lolos saringan } \phi \, 19 = (1,34 + 44,30) \, \% = 45,64 \, \%$$

$$3. \quad \text{Lolos saringan } \phi \, 12,5 = (45,64 + 54,36) \, \% = 100 \, \%$$

4.5. Persentase Finer (f) = 100 % - komulatif agregat tertinggal1.

Saringan ϕ 25 = 100 % - 1,34 % = 98,66 %

2. Saringan ϕ 19 = 100 % - 45,30 % = 54,70 %

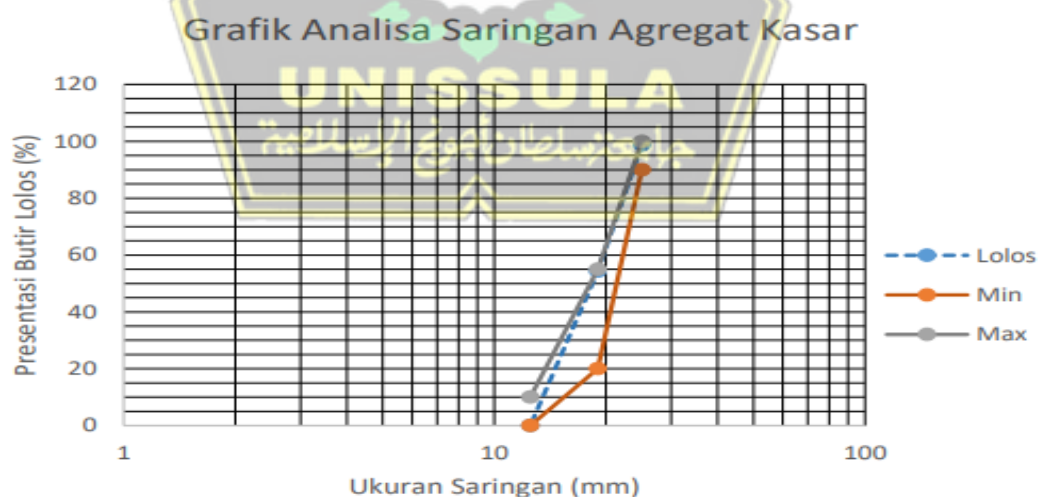
3. Saringan ϕ 12,5 = 100 % - 100 % = 0 %

Tabel 4.4 menampilkan hasil analisis saringan agregat halus yang diperoleh dari perhitungan. di bawah ini.

Tabel 4. 4. Hasil Perhitungan Analisa saringan Agregat Kasar

No	Ukuran saringan (mm)	Berat agregat (g)	Persentase agregat tertinggal (%)	Komulatif agregat tertinggal (%)	Present finer (%)	Spesifikasi Kadar Teknis (%)	
						Min	Max
1	25	10	1,34	1,34	98,66	90	100
2	19	330	44,30	45,30	54,7	20	55
3	12,5	405	54,36	100	0,	0	10
Jumlah		745	100	146,64,	153,36	-	-

Dari hasil perhitungan analisa saringan agregat kasar di atas didapatkan hasil pada grafik di bawah ini.



Gambar 4. 2. Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar

Berdasarkan grafik analisa saringan agregat kasar di atas, sudah memenuhi standar karena berada pada batas jangkauan yang telah ditentukan.

4.3. Hasil Pengujian Material

Dari beberapa review yang dilakukan pada tahap uji materi, diperoleh konsekuensi penilaian total halus dan total kasar. Pemeriksaan total terdiri dari pemeriksaan kadar air, pemeriksaan pengayakan dan kadar lumpur.

4.3.1. Agregat Halus

1. Pemeriksaan Kadar Air

Data pemeriksaan kadar air agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.5. di bawah ini

Tabel 4. 5. Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Percobaan	Berat Cawan (gram)	Berat cawan +agregat sebelum Dioven (gram)	Berat cawan +agregat setelah dioven (gram)
I	45	545	540
II	45	545	540

Pemeriksaan kadar air dilakukan dengan menggunakan dua sampel percobaan dengan masing-masing percobaan menggunakan agregat halus seberat 300 gram. Pemeriksaan kadar air dapat menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{b-c}{c-a} \times 100\% \dots\dots\dots (4.1)$$

$$\text{Kadar air rata-rata} = \frac{\text{kadar air I} + \text{kadar air II}}{2} (\%) \dots\dots\dots (4.2)$$

Keterangan : a = Berat awan

b = Berat cawan + agregat sebelum dioven

c = Berat cawan + agregat setelah dioven

Perhitungan biaya total denda harus terlihat dalam estimasi di bawah ini

Percobaan I =

- Berat cawan (a) = 45 g
- Berat cawan + agregat sebelum dioven (b) = 545 g
- Berat cawan + agregat setelah dioven (c) = 540 g
- Kadar air (%) = $\frac{b-c}{c-a} \times 100\%$
 $= \frac{545-540}{540-45} \times 100\%$
 $= 1 \%$

Percobaan II =

- Berat cawan (a) = 45 g
- Berat cawan + agregat sebelum dioven (b) = 545 g
- Berat cawan + agregat setelah dioven (c) = 540 g
- Kadar air (%) = $\frac{b-c}{c-a} \times 100\%$
 $= \frac{545-540}{540-45} \times 100\%$
 $= 1 \%$

Kadar air rata-rata =

- Kadar air I = 1 %
- Kadar air II = 1 %
- Kadar air rata-rata = $\frac{\text{kadar air I} + \text{kadar air II}}{2} (\%)$
 $= \frac{1+1}{2} (\%)$
 $= 1 \%$

Efek lanjutan dari melihat kandungan kelembaban total yang halus dapat dilihat pada Tabel 4.6. di bawah ini

Tabel 4. 6. Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Percobaan	Berat cawan (gram)	Berat cawan + agregat sebelum dioven (gram)	Berat cawan + agregat setelah dioven (gram)	Kadar air (%)	Kadar air rata-rata (%)
I	45	545	540	1	1
II	45	545	240	1	

Dari akibat melihat kadar air pada baik total terjadi penurunan pada contoh berat total pada pengujian satu dan dua sebesar 10 gram dengan tipikal kadar air senilai 4 %.

2. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Data pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.7. di bawah ini.

Tabel 4. 7. Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Percobaan	Volume Pasir (V1)	Volume Lumpur (V2)
I	500 ml	5 ml
II	500 ml	5 ml

Pemeriksaan kadar lumpur yang dilakukan dengan menggunakan dua sampel percobaan dengan percobaan I sebesar 270 ml dan percobaan II sebesar 290 ml. Perhitungan kadar lumpur agregat halus menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{V_2}{V_1+V_2} \times 100\% \dots\dots\dots(4.3)$$

$$\text{Kadar air rata-rata} = \frac{\text{kadar lumpur I} + \text{kadar lumpur II}}{2} (\%) \dots\dots\dots(4.4)$$

untuk memeriksa kandungan residu dalam total halus harus terlihat dalam perhitungan di bawahnya

Percobaan II =		Percobaan II =	
- V1	= 500 ml	- V1	= 500 ml
- V2	= 5 ml	- V2	= 5 ml
- Kadar lumpur	$= \frac{V_2}{V_1+V_2}$	- Kadar lumpur	$= \frac{V_2}{V_1+V_2}$
	$= \frac{5}{500+5}$		$= \frac{5}{500+5}$
	= 1 %		= 1 %

4.3.2. Agregat Kasar

1. Pemeriksaan Kadar Air

Data pemeriksaan kadar air agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.8. di bawahini.

Tabel 4. 8 Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

Percobaan	Berat cawan (gram)	Berat cawan + Agregat sebelum (gram)	Berat cawan + agregat setelah dioven (gram)
I	45	545	530
II	45	545	530

Pemeriksaan kadar air dilakukan dengan menggunakan dua sampel percobaan dengan masing-masing percobaan menggunakan agregat kasar seberat 285 gram. Pengecekan kadar air dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{b-c}{c-a} \times 100\% \dots\dots\dots (4.6)$$

$$\text{Kadar air rata-rata} = \frac{\text{kadar air I} + \text{kadar air II}}{2} (\%) \dots\dots\dots (4.7)$$

Keterangan : a = Berat awan

b = Berat cawan + agregat sebelum dioven

c = Berat cawan + agregat setelah dioven

Perhitungan pemeriksaan kadar air agregat halus dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini

Percobaan I =

- Berat cawan (a) = 45 gr
- Berat cawan + agregat sebelum dioven (b) = 545 gr
- Berat cawan + agregat setelah dioven (c) = 530 gr

$$\begin{aligned} \text{Kadar air (\%)} &= \frac{b-c}{c-a} \times 100\% \\ &= \frac{545-530}{530-45} \times 100\% \\ &= 0 \, \% \end{aligned}$$

Percobaan II =

- Berat cawan (a) = 45 gr
- Berat cawan + agregat sebelum dioven (b) = 545 gr
- Berat cawan + agregat setelah dioven (c) = 530 gr
- Kadar air (%) $= \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$
 $= \frac{545-530}{530-45} \times 100\%$
 $= 0 \%$

Kadar air rata-rata =

- Kadar air I = 0 %
- Kadar air II = 0 %
- Kadar air rata-rata $= \frac{\text{kadar air I} + \text{kadar air II}}{2} (\%)$
 $= \frac{0+0}{2} (\%)$
 $= 0 \%$

Hasil pemeriksaan kadar air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.9. di bawah ini

Tabel 4. 9 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

Percobaan	Berat cawan (gram)	Berat cawan + agregat sebelum dioven (gram)	Berat cawan + agregat setelah dioven (gram)	Kadar air (%)	Kadar air rata-rata (%)
I	45	545	530	0	0 %
II	45	545	530	0	

Dari hasil melihat kandungan air dari total kasar tidak ada pengurangan pada contoh berat dari total kasar seperti yang ditunjukkan oleh nilai kadar air tipikal sebesar 0 %.

2. Pemeriksaan Kadar Lumpur

Data pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.10. dibawah ini.

Tabel 4. 10. Data Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Percobaan	Berat cawan (gram)	Berat cawan + agregat sebelum dicuci (gram)	Berat cawan + agregat setelah dicuci (gram)
I	45	545	540
II	45	545	540

Pemeriksaan kadar lumpur yang dilakukan dengan menggunakan dua sampel percobaan dengan percobaan I sebesar 260 gram sebelum dicuci kemudian mengalami penurunan berat setelah dicuci menjadi 225 gram dan percobaan II sebesar 275 gram sebelum dicuci kemudian mengalami penurunan berat setelah dicuci menjadi 270 gram. Rumus yang diuraikan di bawah ini digunakan untuk menentukan jumlah lanau agregat halus:

$$\text{Kadar air} = \frac{b-c}{c-a} \times 100\% \dots\dots\dots (4.8)$$

$$\text{Kadar air rata-rata} = \frac{\text{kadar lumpur I} + \text{kadar lumpur II}}{2} (\%) \dots\dots\dots (4.9)$$

Keterangan : a = Berat awan

b = Berat cawan + agregat sebelum dioven

c = Berat cawan + agregat setelah dioven

Perhitungan pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini

Percobaan I =

– Berat cawan (a) = 45 gr

– Berat cawan + agregat sebelum dioven (b) = 545 gr

– Berat cawan + agregat setelah dioven (c) = 540 gr

$$\begin{aligned} \text{Kadar air (\%)} &= \frac{b-c}{c-a} \times 100\% \\ &= \frac{545-540}{540-45} \times 100\% \\ &= 1\% \end{aligned}$$

Percobaan II =

- Berat cawan (a) = 45 gr
- Berat cawan + agregat sebelum dioven (b) = 545 gr
- Berat cawan + agregat setelah dioven (c) = 540 gr
- Kadar air (%) $= \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$
 $= \frac{545-540}{540-45} \times 100\%$
 $= 1 \%$

Kadar air rata-rata =

- Kadar air I = 1 %
- Kadar air II = 1 %
- Kadar air rata-rata $= \frac{\text{kadar air I} + \text{kadar air II}}{2} (\%)$
 $= \frac{1+1}{2} (\%)$
 $= 1 \%$

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 4. 10. Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Percobaan	Berat cawan (gram)	Berat cawan + agregat sebelum dioven (gram)	Berat cawan + agregat setelah dioven (gram)	Kadar air (%)	Kadar air rata-rata (%)
I	45	545	540	1	1 %
II	45	545	540	1	

Dari hasil pemeriksaan kadar lumpur pada agregat kasar terjadi penurunan berat sampel agregat kasar yang ditunjukkan dengan nilai kadar lumpur rata-rata sebesar 2 %.

4.4. Komposisi Material Beton

Pembuatan material paduan substansial yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan pada tabel di bawah ini.:

Tabel 4. 11. Komposisi Material Campuran

Material	Jumlah per m3
Semen (kg/m3)	325 kg
Air (kg/m3)	163 kg
Pasir (kg/m3)	798 kg
Kerikil (kg/m3)	708 kg

Tabel 4. 12. Persentase Komposisi Material Campuran Beton Normal per 1 m³

Material	Jumlah per 1 m3 (kg)	Jumlah per 1 m3 (%)
Semen	325 kg	20,8 %
Air	163 kg	9,6 %
Agregat Halus	798 kg	31,29 %
Agregat Kasar	708 kg	38,25 %
Total	1.994 kg	100 %

Sehubungan dengan perubahan campuran yang menggunakan *Fly Ash* adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 13. Komposisi Material Campuran dengan menggunakan *Fly Ash*

Bahan	Jumlah per m3
Semen (kg/m3)	325 kg
Air (kg/m3)	163 kg
Pasir (kg/m3)	798 kg
Kerikil (kg/m3)	708 kg
<i>Accelerator</i>	0,98 kg
<i>Fly ash</i>	50%, 60%, 70%

Tabel 4. 14. Persentase Komposisi Material Campuran dengan menggunakan *Fly Ash* 50% per 1 m³ variasi 1 (satu)

Material	Jumlah per 1 m3 (kg)	Jumlah per 1 m3 (%)
Semen	325kg	16,25 %
Air	163 kg	8,15 %
Agregat Halus	798kg	39,9 %
Agregat Kasar	708kg	35,4 %
<i>Accelerator</i>	0,98 kg	0,04 %
<i>Fly ash</i>	6,5 kg	0,3 %
Total	2001,5 kg	100 %

Tabel 4. 15. Persentase Komposisi Material Campuran dengan menggunakan *Fly Ash* 60% per 1 m³ variasi 2 (dua)

Material	Jumlah per 1 m3 (kg)	Jumlah per 1 m3 (%)
Semen	325 kg	16,25 %
Air	163 kg	8,15 %
Agregat Halus	798kg	39,9 %
Agregat Kasar	708kg	35,4 %
<i>Accelerator</i>	0,98 kg	0,04 %
<i>Fly ash</i>	7,8 kg	0,39 %
Total	2002,8 kg	100 %

Tabel 4. 16. Persentase Komposisi Material Campuran dengan menggunakan *Fly Ash* 70% per 1 m³ variasi 3 (tiga)

Material	Jumlah per 1 m3 (kg)	Jumlah per 1 m3 (%)
Semen	325 kg	16,25 %
Air	163 kg	8,15 %
Agregat Halus	798 kg	39,9 %
Agregat Kasar	708 kg	35,4 %
<i>Accelerator</i>	0,98 kg	0,04 %
<i>Fly ash</i>	9 kg	0,45 %
Total	2004 kg	100 %

Pada tabel diatas menunjukkan persentase komposisi setiap variasi yang digunakan dalam campuran beton per 1 m³. Pada perhitungan berat *Fly Ash* didapat dari hasil kali kadar zat aditif yang digunakan dengan berat semen per 1 m³.

Tabel 4. 17. Komposisi Material Campuran dengan menggunakan per 0,05 m³

Material								
No	<i>Fly ash</i>	<i>Accelerator</i>	Semen (Kg)	<i>Accelerator</i> (Ml)	<i>Fly Ash</i> (Kg))	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)	Air (L)
1	-	-	6,5	-	-	15,9	23,6	4,2
2	50%	2%	6,5	130	3,25	15,9	23,6	4,7
3	60%	2%	6,5	130	2,6	15,9	23,6	3,7
4	70%	2%	6,5	130	4,59	15,9	23,6	3,2

Pada tabel diatas menunjukkan presentase keseluruhan komposisi yang digunakan dalam campuran beton per 0,05 m³. Jumlah kadar *Fly Ash* dihitung dengan persamaan berikut :

$$Fly\ Ash = \frac{\text{kadar}}{100} \times \text{Berat semen yang dipakai} \times 1000 \dots \dots \dots (4.12)$$

Dengan contoh perhitungan sebagai berikut, jika kadar 5 % maka

$$\begin{aligned}
 Fly\ Ash &= \frac{5}{100} \times 6,5 \times 1000 \\
 &= 325 \text{ ml.}
 \end{aligned}$$

Penentuan tingkat kadar *Fly Ash* yang peneliti gunakan mengacu pada beberapa jurnal penelitian sebelumnya yang dapat dijadikan sebagai pustaka serta pedoman dalam penelitian. Penambahan variasi *Fly Ash* pada tabel 4.14. menjadi inovasi baru dalam dunia penelitian Beton sedikit semen Portland.

abu terbang adalah bahan campuran untuk membuat substansial apa fungsi sebagai lem dalam pembuatan beton, *Fly Ash* memiliki sifat yang mirip dengan beton sehingga tidak mengurangi kode rencana secara mendasar, *Fly Ash* dapat mengurangi kebutuhan air untuk mencapai kegunaan yang sebanding. Dengan berkembangnya bahan ini, diyakini bahan tersebut memang ingin membatasi jumlah air yang digunakan namun dapat menciptakan kekuatan bahan yang tinggi dengan jumlah air yang sedikit dan fungsionalitas yang tinggi. Dengan memiliki sifat fungsionalitas, semen dapat diproyeksikan secara efektif tanpa memerlukan proses pemadatan/getaran. Semen dapat mengalir ke ruang bahkan melalui penyangga yang ditekan dengan kuat tanpa pengurasan atau isolasi.

Dalam dunia konstruksi, dengan tidak adanya proses pemadatan dalam proses penelitian, hal ini tentunya dapat mengurangi pekerjaan karena kebutuhan mungkin muncul, manfaat yang berbeda adalah penghematan waktu yang dapat juga ditingkatkan.

Hal ini menjadi latar belakang peneliti mengurangi semen dengan menambah bahan *Fly Ash* sebagai inovasi baru dalam dunia beton Sedikit semen Portland dengan tujuan *Fly Ash* dapat memperoleh mutu beton tinggi.

4.5.Mix Design

Pada tahap ini dilakukan pengujian dengan memodifikasi campuran *Fly Ash* ini dipakai agregat dengan max 20 mm. Berikut *Job Mixed Design* kebutuhan material yang diperlukan

Tabel 4. 18. *Job Mixed Design*

Material								
No	<i>Fly Ash</i>	<i>Accelerator</i>	Semen (Kg)	FA (Kg)	<i>Accelerator</i> (Ml)	Pasir (Kg)	Kerikil (Kg)	Air (L)
1	50%	20%	3,26	3,26	130	15,9	23,6	4,7
2	60%	20%	2,6	2,6	130	15,9	23,6	3,7
3	70%	20%	4,54	4,59	130	15,9	23,6	3,2

Tabel 4.18. menunjukkan bahan yang digunakan saat pencampuran. faktor berbeda-beda penambahan *Fly Ash* terhadap campuran pembuatan Beton sedikit semen Portland yang dipakai untuk tiap komposisi sesuai dengan beberapa penelitian terdahulu. Saat penambahan *Fly Ash* menjadi berubah karena saat pengujian *slump* didapat hasil *slump* yang terlalu melebihi standar yang ditentukan sehingga pembuatan adonan dengan campuran *Fly Ash* kemudian seterusnya jumlah air harus dikurangi. Dengan pengaruh penambahan *Fly Ash* dan Accelerator hal ini membuat campuran beton sudah memiliki tingkat fungsionalitas yang ditentukan sebelumnya selama tes penurunan.

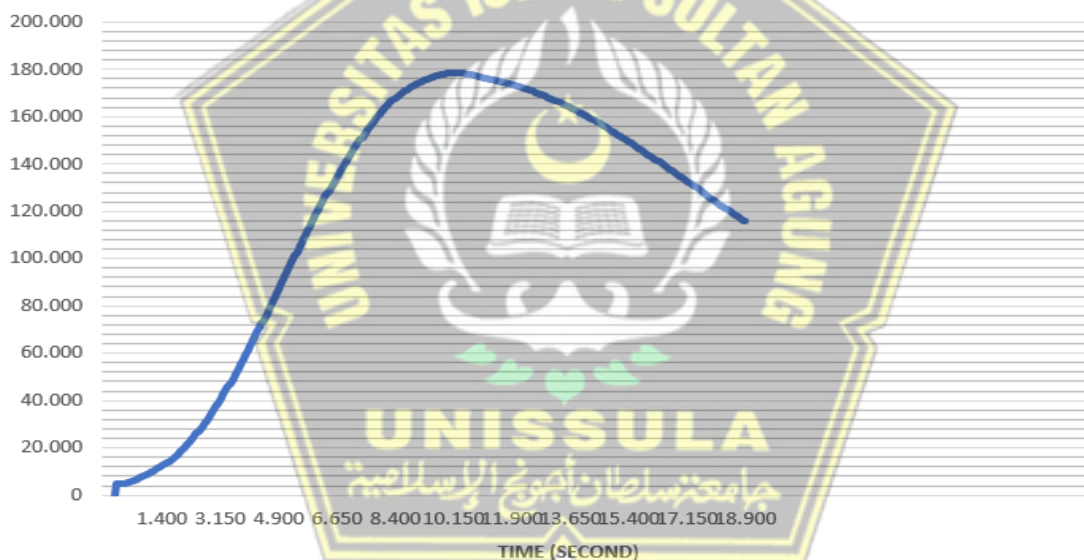
4.6.Kuat Tekan Beton Normal

Informasi tentang hasil uji kuat tekan semen yang normal harus terlihat di tabel di bawah :

Tabel 4. 19. Tabel Hasil Pengujian Beton Normal

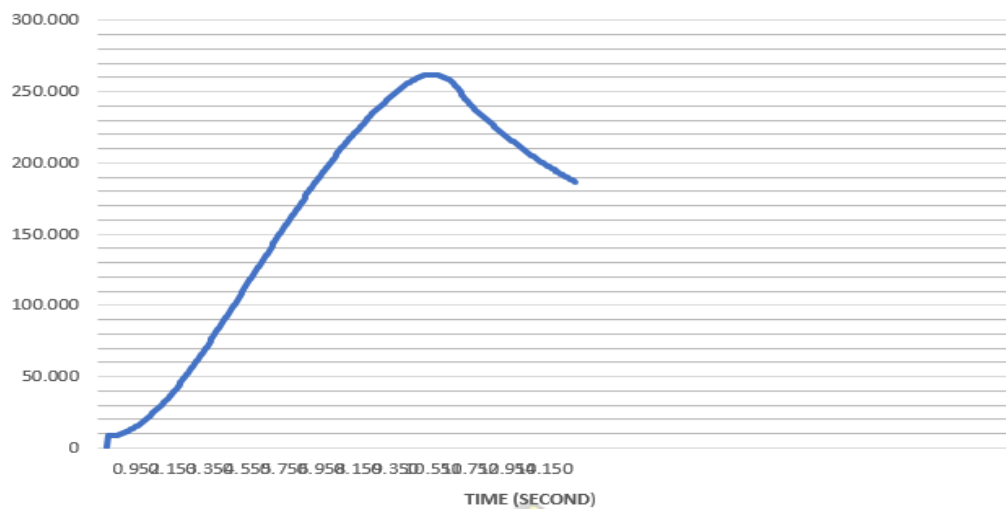
No	Tanggal		Umur (hari)	Berat (Kg)	Gaya Tekan (P) (kN)	Tekan Aktual Silinder (MPa)	Tekan Aktual Silinder (kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian					
1	31 Juni 2023	6 Juni 2023	7	12,36	178,387	10,095	102,905
2	2 Juni 2023	5 Juni 2023	14	12,42	261,883	14,820	151,071
3	2 Juni 2023	29 Juni 2023	28	12,62	267,184	15,155	154,485

Tabel 4.19 di atas menunjukkan kuat tekan semen f_c 10 dengan pengujian kuat tekan yang mengubah umur uji pada beton, khususnya pada umur semen 7, 14 dan 28 hari.. Dibawah ini merupakan hasil bacaan grafik hasil uji kuat tekan pada mesin Uji Tekan Laboratorium Fakultas Teknik Unissula.



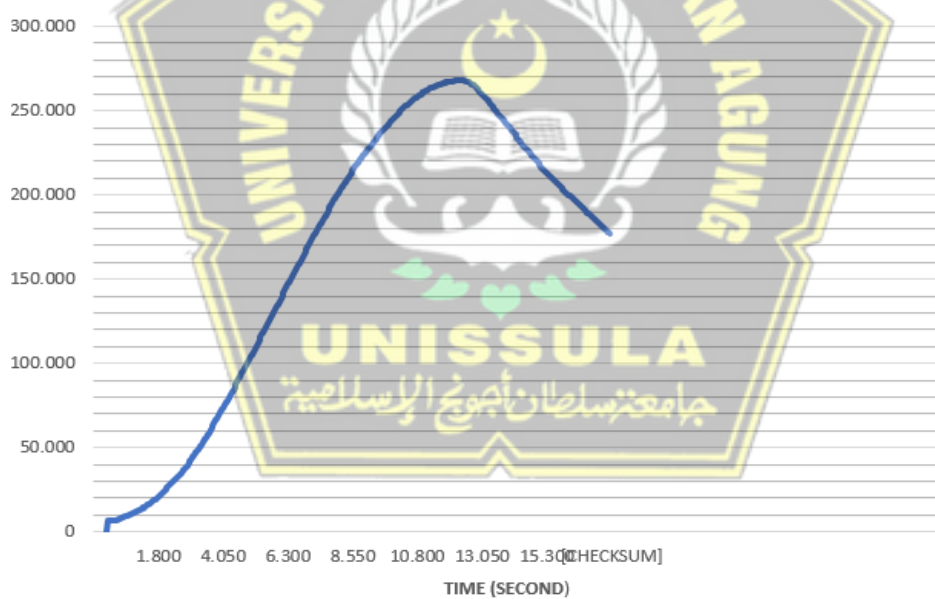
Gambar 4. 3. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 7 Hari

Dari hasil pembacaan grafik diperoleh nilai kuat tekan beton normal pada umur beton 7 hari adalah 10,095 MPa setara dengan 102,905 kg/cm².



Gambar 4. 4. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 14 Hari

Dari hasil pembacaan grafik diperoleh nilai kuat tekan beton normal pada umur beton 7 hari adalah 14,820 MPa setara dengan 151,071 kg/cm².



Gambar 4. 5. Grafik Kuat Tekan Beton Normal Umur 28 Hari

Dari hasil pembacaan grafik diperoleh nilai kuat tekan beton normal pada umur beton 28 hari adalah 215,155 MPa setara dengan 154,485 kg/cm².

4.7. Kuat Tekan Beton 7 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan beton umur 7 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 20. Hasil Pengujian Beton Umur 7 Hari

Sampel	Tanggal		Umur (hari)	Berat (Kg)	Gaya Tekan (P) (kN)	Tekan Aktual Silinder (MPa)	Tekan Aktual Silinder (kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian					
1	31 Mei 2023	6 Juni 2023	7	12,36	154,079	8,719	88,878
2	2 Juni 2023	9 Juni 2023	7	12,36	104,942	5,939	60,540
3	8 Juni 2023	15 Juni 2023	7	12,44	68,148	3,856	39,306

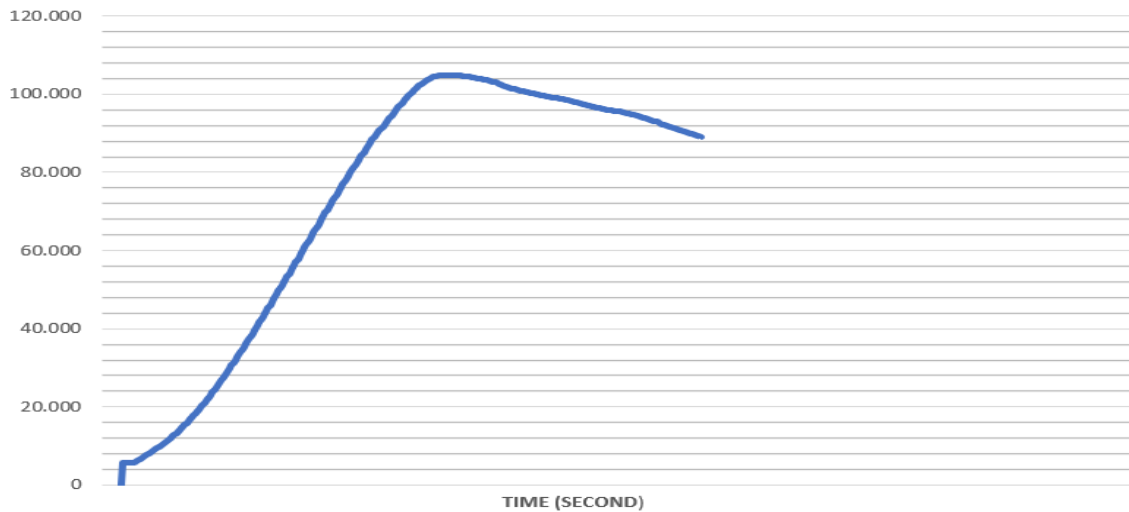
Tabel 4.20. mendemonstrasikan hasil pengujian beton pada umur 7 hari. Tiga buah campuran aditif *Fly ash* dan Accelerator digunakan sebagai benda uji, dengan masing-masing campuran terdiri dari 50%, 60%, dan 70% *Fly ash*. kuat pada hari ke 7, 14, dan 28.

Pengujian kuat tekan sampel pertama menghasilkan nilai 88,878 kg/cm² dengan penambahan *Fly ash* 50%, sedangkan pengujian kuat tekan sampel ketiga menghasilkan nilai 39,306 kg/cm² dengan penambahan *Fly ash* 50%. Pengujian kuat tekan sampel pertama menghasilkan nilai 39,306 kg/cm². Dibawah ini merupakan hasil bacaan grafik hasil uji kuat tekan pada mesin Uji Tekan Laboratorium Fakultas Teknik Unissula.



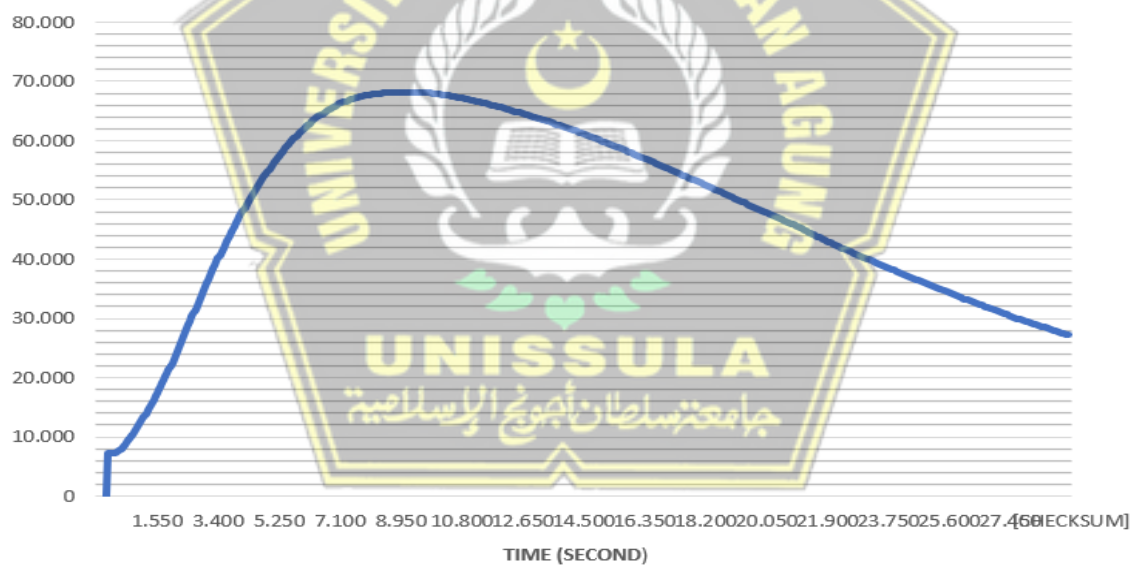
Gambar 4. 6. Grafik Kuat Tekan 50%, 7 Hari

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton pada umur beton 7 hari adalah 8,719 MPa setara dengan 88,878 kg/cm², dengan variasi penambahan 50%.



Gambar 4. 7. Grafik Kuat Tekan 60% 7 Hari

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton pada umur beton 7 hari adalah 5,939 MPa setara dengan 60,540 kg/cm², dengan variasi penambahan 60%



Gambar 4. 8. Grafik Kuat Tekan 70% 7 Hari

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton scc pada umur beton 7 hari adalah 3,856 MPa setara dengan 39,306 kg/cm², dengan variasi penambahan *Fly Ash* 70%.

4.8. Kuat Tekan 14 Hari

Data hasil pengujian kuat tekan beton umur 14 hari dapat dilihat pada grafik di bawah ini

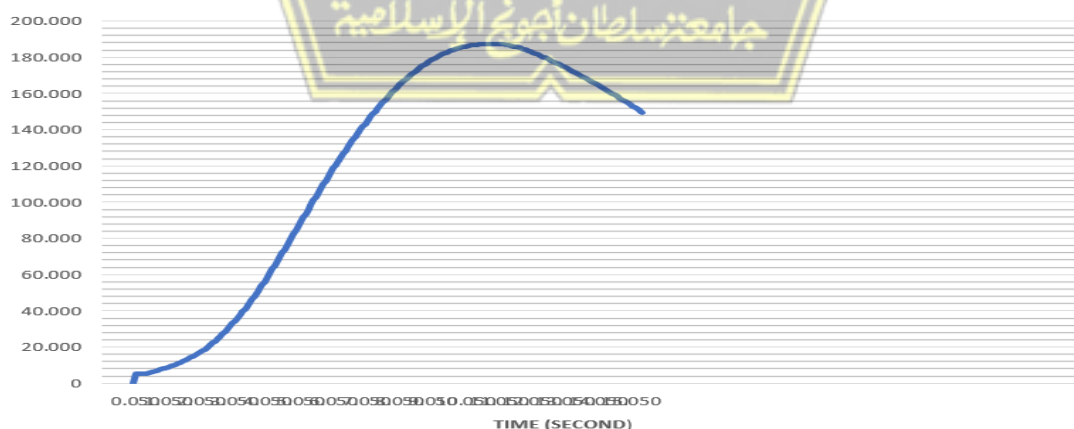
Tabel 4. 21. Hasil Pengujian Beton Umur 14 Hari

NO	Tanggal		Umur (hari)	Berat (Kg)	Gaya Tekan (P) (kN)	Tekan Aktual Silinder (MPa)	Tekan Aktual Silinder (kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian					
1	31 Mei 2023	13 Juni 2023	14	12,80	187,231	10,595	108,002
2	2 Juni 2023	15 Juni 2023	14	12,30	120,501	6,819	69,510
3	8 Juni 2023	21 Juni 2023	14	12,30	89,998	5,093	51,916

Tabel 4.21 memperlihatkan efek samping pengujian beton dengan umur 14 hari. Jumlah contoh uji yang digunakan sebanyak 3 buah dengan variasi campuran *Fly Ash* dan Accelerator yang bervariasi, masing-masing berupa *Fly Ash* 50% , *Fly Ash* 60% dan *Fly Ash* 70%. Pada hari ke 7, 14, dan 28, benda uji disiapkan secara bersamaan untuk pengujian kuat tekan.

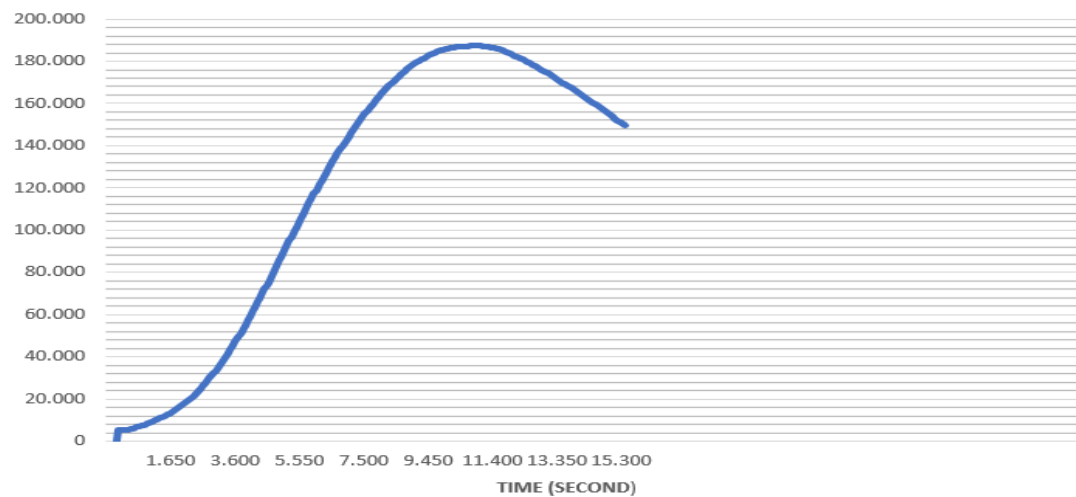
Dengan penambahan campuran *Fly ash* 60 persen, uji kuat tekan sampel pertama menghasilkan nilai 108.002 kg/cm², sedangkan uji kuat tekan sampel ketiga menghasilkan nilai 51.916 kg/cm², juga dengan penambahan 60 persen campuran *fly ash*. Nilai uji kuat tekan maksimum pada beton pada umur 14 hari diperoleh dengan penambahan nilai sebesar 108.002 kg/cm².

Dibawah ini merupakan hasil bacaan grafik hasil uji kuat tekan pada mesin Uji Tekan Laboratorium Fakultas Teknik Unissula.



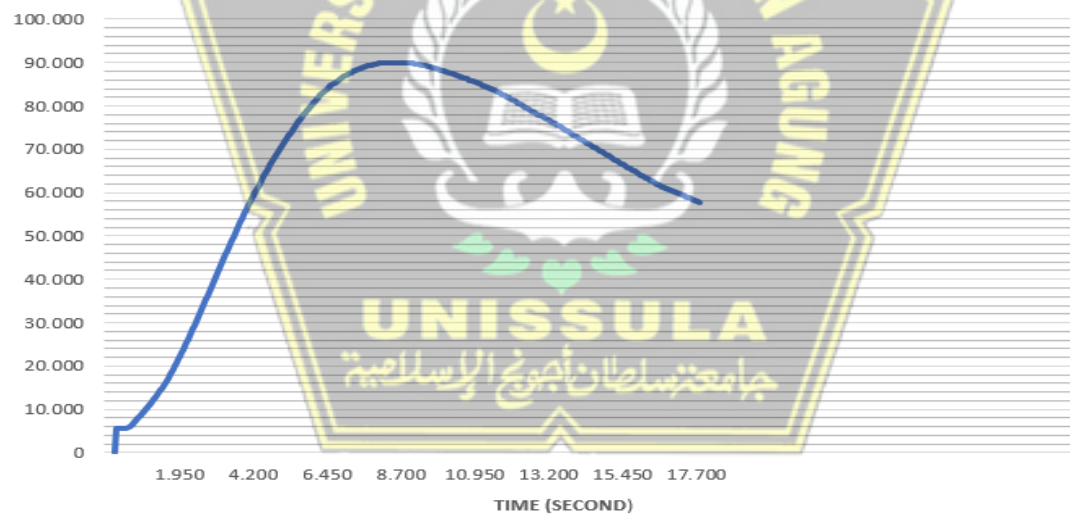
Gambar 4. 9. Grafik Kuat Tekan *Fly Ash* 50% 14 Hari

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton pada umur 14 hari adalah 10,59 MPa setara dengan 108,002 kg/cm², dengan variasi penambahan 500% 14 hari.



Gambar 4. 10. Grafik Kuat Tekan *Fly Ash* 60% 14 Hari

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton pada umur 14 hari adalah 10,59 MPa setara dengan 108,002 kg/cm², dengan variasi penambahan 60% 14 hari.



Gambar 4. 11. Grafik Kuat Tekan *Fly Ash* 70% 14 Hari

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton pada umur 14 hari adalah 5,093 MPa setara dengan 51,906 kg/cm², dengan variasi penambahan 70% 14 hari.

4.9. Kuat Tekan 28 Hari

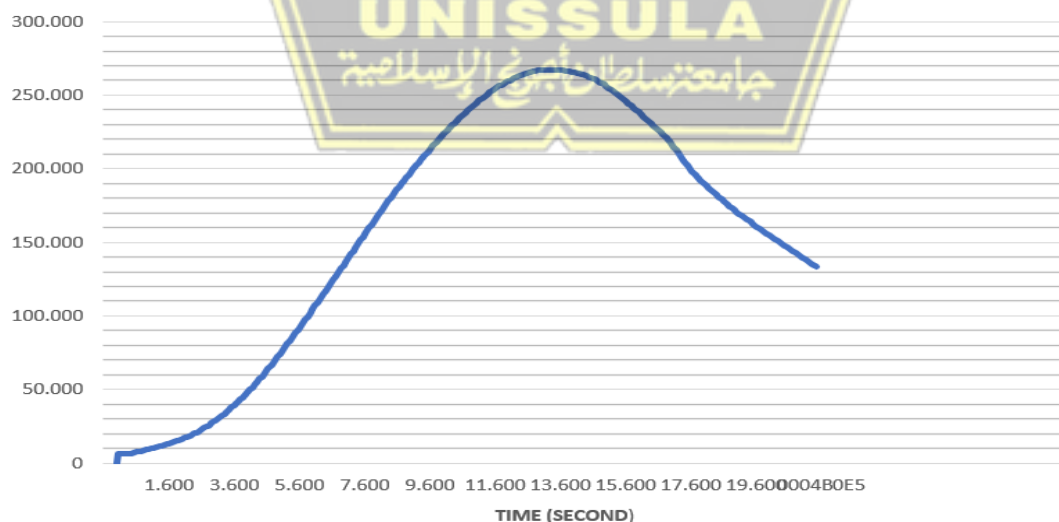
Data hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari dapat dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 4. 22. Hasil Pengujian Beton Umur 28 Hari

NO	Tanggal		Umur (hari)	Berat (Kg)	Gaya Tekan (P) (kN)	Tekan Aktual Silinder (MPa)	Tekan Aktual Silinder (kg/cm ²)
	Pembuatan	Pengujian					
1	7 Juni 2023	4 Juli 2023	28	12,90	267,292	15,126	154,189
2	2 Juni 2023	29 Juni 2023	28	12,40	290,198	15,856	161,630
3	7 Juni 2023	4 Juli 2023	28	12,40	160,653	9,091	92,670

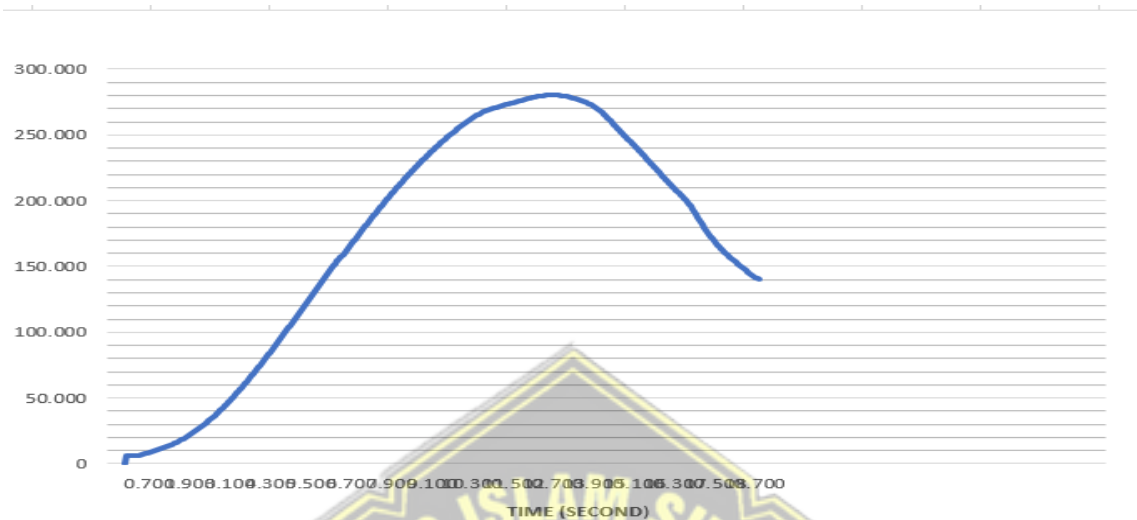
Tabel 4.22. menunjukkan hasil pengujian beton dengan umur 28 hari. Jumlah sample benda uji yang digunakan berjumlah 3 buah dengan perbedaan variasi campuran *Fly Ash* dan *Accelerator* masing-masing variasi campuran adalah *Fly Ash* 50%, *Fly Ash* 60% dan *Fly Ash* 70% Pembuatan benda uji dilakukan secara bersamaan untuk pengujian kuat tekan pada 7, 14, dan 28 hari. Nilai uji kuat tekan maksimal pada beton pada umur 24 hari didapat dengan nilai 154,189 kg/cm² pada sampel yang pertama dengan penambahan variasi campuran *Fly Ash* 60% dan nilai minimum dari hasil uji kuat tekan pada beton umur 28 hari didapat dengan nilai 9,091 kg/cm² pada sampel yang ketiga dengan penambahan variasi campuran *Fly Ash* 70%.

Dibawah ini merupakan hasil bacaan grafik hasil uji kuat tekan pada mesin Uji Tekan Laboratorium Fakultas Teknik Unissula.



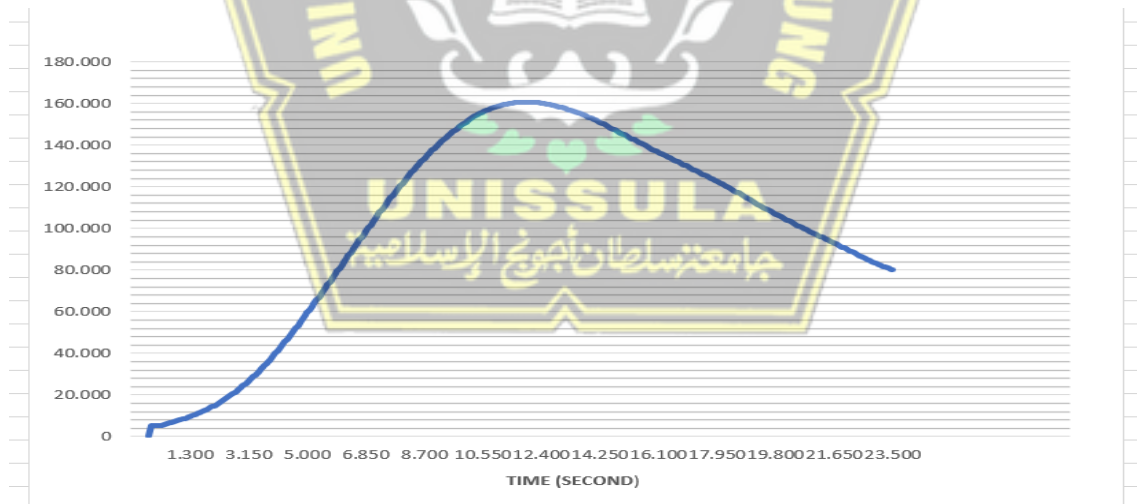
Gambar 4. 12. Grafik Kuat Tekan *Fly Ash* 50% 28 Hari

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari adalah 15,126 MPa setara dengan 154,189 kg/cm², dengan variasi penambahan *Fly Ash* 50% H28.



Gambar 4. 13. Grafik Kuat Tekan *Fly Ash* 60% 28 Hari

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari adalah 15,856 MPa setara dengan 161,630 kg/cm², dengan variasi penambahan *Fly Ash* 60% Hari 28.



Gambar 4. 14. Grafik Kuat Tekan *Fly Ash* 70% 28 Hari

Dari hasil pembacaan grafik di atas diperoleh nilai kuat tekan beton pada umur 28 hari adalah 9,901 MPa setara dengan 92,670 kg/cm², dengan variasi penambahan *Fly Ash* 70% 28 Hari.

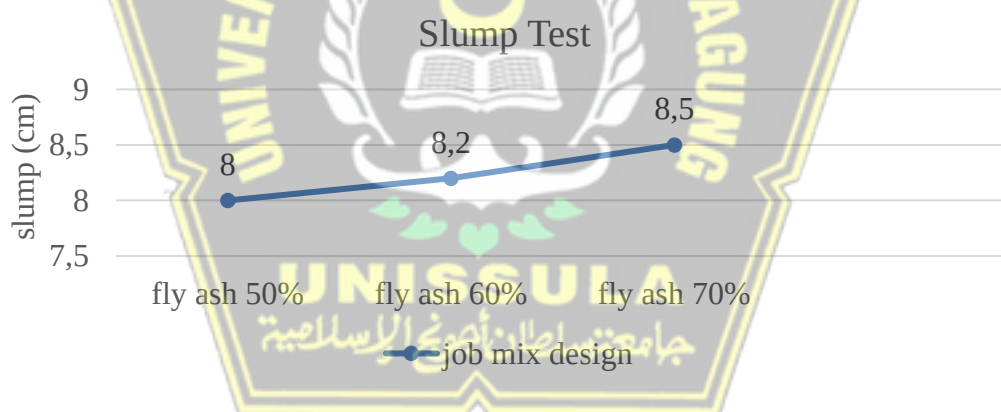
4.10. Hasil Uji Slump Test

Pengujian slump dilakukan pada sample beton normal. Nilai slump beton normal sebesar nilai 120 mm, sedangkan nilai slump beton Sedikit Semen dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 23. Hasil Slump test

SAMPLE		Slump Beton
<i>Fly ash</i>	<i>Accelerator</i>	cm
50%	2%	8
60%	2%	8,2
70%	2%	8,5

Dari tabel di atas terlihat bahwa nilai *slump* untuk setengah *Fly Ash* , 60%, 70% dan 2% *Accelerator* berada dalam jangkauan yang diantisipasi oleh beton yang agak padat. Durasi yang lebih pendek dari setiap pengujian menunjukkan bahwa beton baru lebih mudah mengalir. Dalam uji slump, semakin besar nilai yang diperoleh, hal ini menunjukkan bahwa beton baru memiliki daya alir yang baik dan kemampuan yang baik untuk melewati tanpa hambatan. Jika dipetakan pada tabel 4.2 menjadi sebagai berikut.



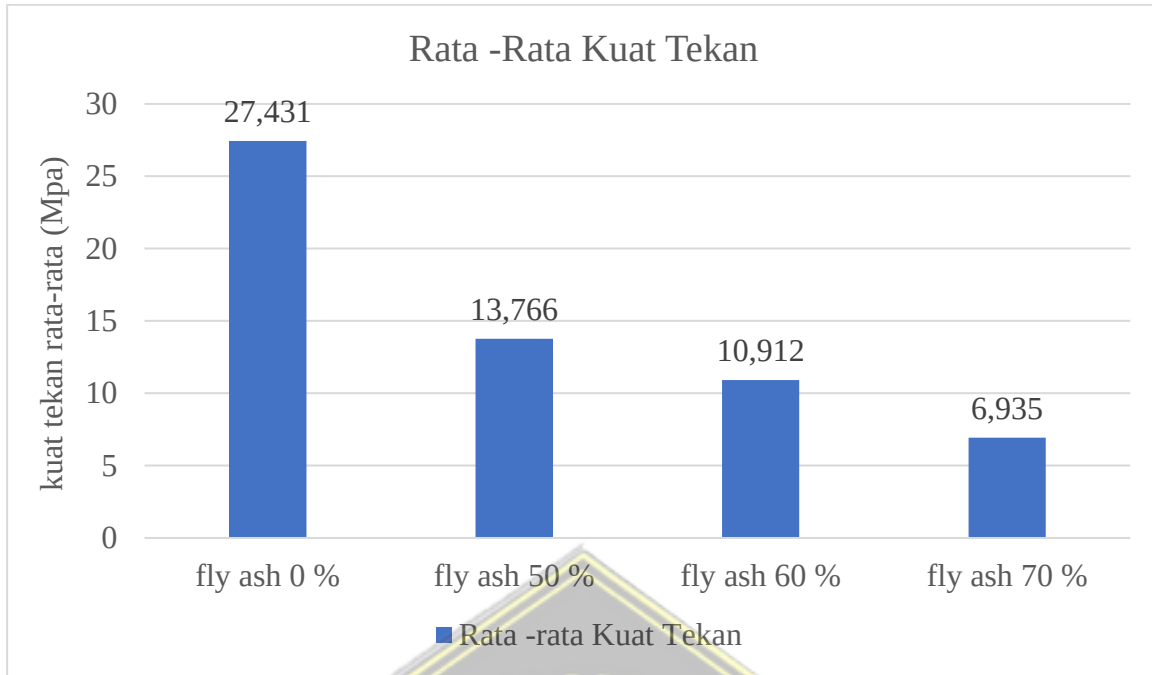
Gambar 4. 15. Grafik hasil uji slump Beton sedikit Semen

Tabel 4.23. apalagi gambar 4.15. menampilkan hasil uji slump. Terlihat jelas bahwa ada variasi waktu aliran dengan penyesuaian tingkat ekspansi puing-puing *Fly Ash* . Meskipun demikian, perubahan waktu dapat diandalkan. Disparitas nilai Slump pada masing-masing konsentrasi ini mungkin penyebabnya. Konsentrasi *Fly Ash* 50% dan Accelerator 2% memiliki nilai *Slump* 8 cm sementara sample ke dua dengan *Fly Ash* 60% dan Accelerator 2% memiliki nilai *Slump* yaitu 8,2 cm dan sample ke tiga dengan *Fly Ash* 70% dan Accelerator 2% memiliki nilai *Slump* yaitu 8,5 cm Sehingga bisa disimpulkan bahwa penambahan *Fly Ash* diikuti pengurangan air semen maka waktu mengalir akan lebih cepat sesuai perlakuan di atas.

4.11. Kuat Tekan Rata-Rata

Dari tabel 4.24. di peroleh kuat tekan rata-rata untuk beton normal, dan campuran *Fly Ash* 50%, 60%, dan 70% pada umur 7,14 dan 28 sebagai berikut :

NO	Kategori	Umur	Gaya Tekan (P) (kN)	Tekan Aktual Silinder (MPa)	Angka Konversi	Koversi Ke 28 Hari	Rata-rata (MPa)
1	FA 0%	7	356,35	20,16	1,53	31,01	27,43
2	FA 0%	14	410,65	23,23	1,13	26,39	
3	FA 0%	28	434,70	24,88	1	24,88	
4	FA 50%	7	154,07	8,71	1,53	13,40	13,76
5	FA 50%	14	187,23	10,59	1,13	12,03	
6	FA 50%	28	267,29	15,85	1	15,85	
7	FA 60%	7	104,94	5,93	1,53	9,13	10,91
8	FA 60%	14	120,50	6,81	1,13	7,74	
9	FA 60%	28	290,19	15,85	1	15,85	
10	FA 70%	7	68,14	3,85	1,53	5,93	6,93
11	FA 70%	14	89,99	5,09	1,13	5,78	
12	FA 70%	28	160,65	9,09	1	9,09	



Gambar 4. 16. Kuat Tekan Rata-Rata

Dari tabel 4.24. dan gambar 4.16. diperoleh nilai kuat tekan rata-rata untuk beton normal sebesar 27,431 Mpa. Untuk beton kategori 50% fly ash didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 13,766 Mpa . atau turun 50 % dari nilai beton normal. Dikarenakan material fly ash kualitasnya menurun karena fly ash disimpan diluar ruangan sehingga terkena cuaca panas dan hujan. Untuk beton kategori 60% fly ash didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 10,912 Mpa atau turun 60% dari nilai beton normal. Dikarenakan material fly ash disimpan diluar ruangan sehingga terkena cuaca panas dan hujan. Untuk beton kategori 70% fly ash didapatkan nilai kuat tekan rata-rata 6,935 Mpa. atau turun 70% dari nilai beton normal.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari beberapa hasil pengujian yang telah dilakukan, untuk uji kuat tekan Beton sedikit Semen Portland fc 20. Ditemukan hasil Job Mix Formula terbaik yaitu dengan menggunakan campuran 50% dan *Accelerator* 2%
 Beton dengan campuran fly ash 50% dengan rata-rata sebesar 13,766 (Mpa)
 Beton dengan campuran fly ash 60% dengan rata-rata sebesar 10,912 (Mpa)
 Beton dengan campuran fly ash 70% dengan rata-rata sebesar 6,935 (Mpa)
2. Penambahan dan *Accelerator* terhadap kuat tekan Beton memberikan d yang cukup signifikan dalam setiap hasilnya. Pada penelitian ini didapat nilai kuat tekan tertinggi pada prosentase 50% dan *Accelerator* 2% yaitu sebesar 161,630 kg/cm² dengan sample benda uji variasi pertama pada umur beton 28 hari.

5.2. Saran

Setelah dilakukan penelitian, analisis serta pembahasan terhadap kuat tekan beton Sedikit Semen Portland dengan campuran dan *Accelerator*, maka penulis dapatmenyarankan beberapa hal diantara-Nya :

1. Pertimbangan yang dapat diambil untuk pengujian lebih lanjut pada Semen Minimal Beton Portland adalah dapat dicoba sebagai pengganti bahan lain sebagai variasi campuran dengan menentukan kadar bahan.
2. Sesuai dengan percobaan yang peneliti lakukan dengan komposisi dan *Accelerator* untuk beton Beton Sedikit Semen Portland perlu dikaji lebih lanjut untuk penelitian selanjutnya.

LAMPIRAN

Lampiran 1 - Peralatan Uji

No	Peralatan	Gambar
1.	<i>Concrete Mixer</i>	
2.	Cetakan Silinder	

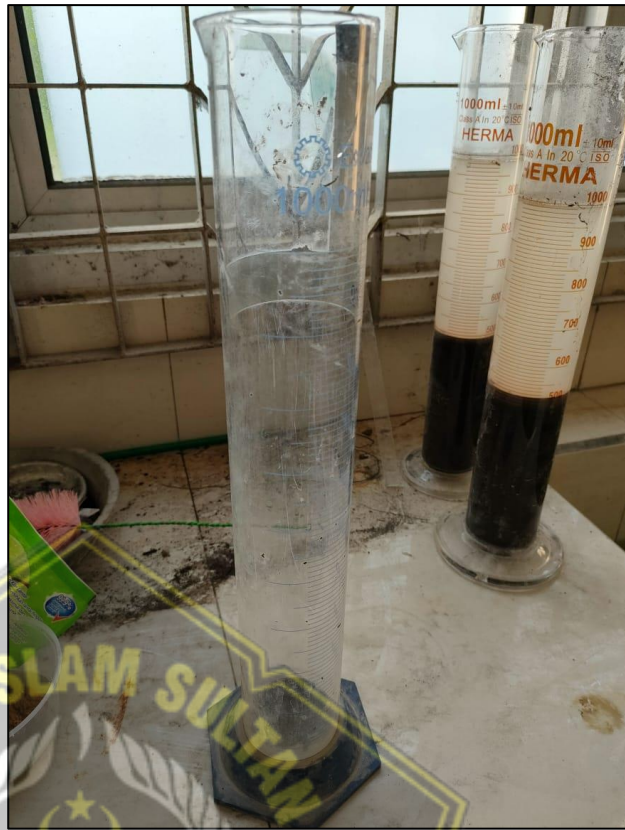
3.	Ember	
4.	Saringan Pasir	

5.	Kerucut Abrams	
6.	Oven	

7.	Alat Uji Tekan Beton <i>Concrete Compressive</i> Strength Type co-320	 A photograph of a concrete compressive strength testing machine, specifically a MATEST model co-320. The machine is blue and white, with a digital display and control panel. It is situated in a laboratory or workshop environment with a green floor and various equipment in the background.
8.	Timbangan	 A photograph of a large industrial platform scale. The scale has a black metal frame and a large, flat platform for weighing heavy items. The digital display shows '0.0000'. The scale is located in a workshop or laboratory setting with a green floor and various materials in the background.

9.

Gelas Ukur



Lampiran 2 – Bahan Material

No.	Bahan	Gambar
1.	Gambar Pasir (Agregat Halus)	
2.	Gambar Kerikil (Agregat Kasar)	

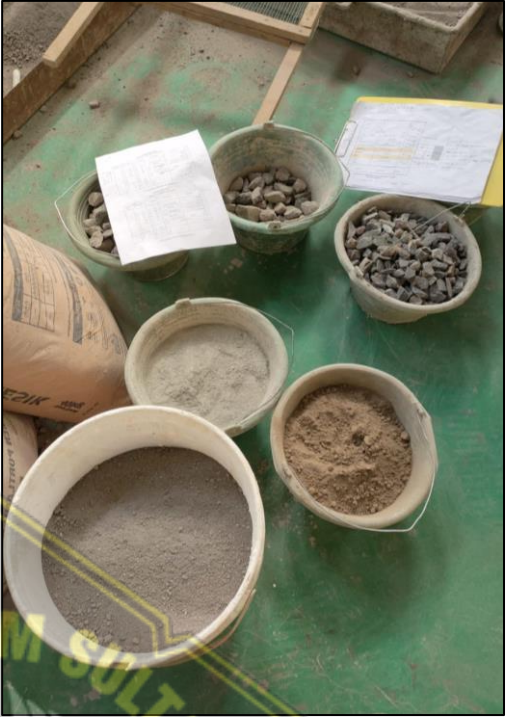
3.	Bahan Tambahan (Zat Aditif) Accelerator	
4.	Semen	

6.	Air	
----	-----	--



Lampiran 3 – Pelaksanaan

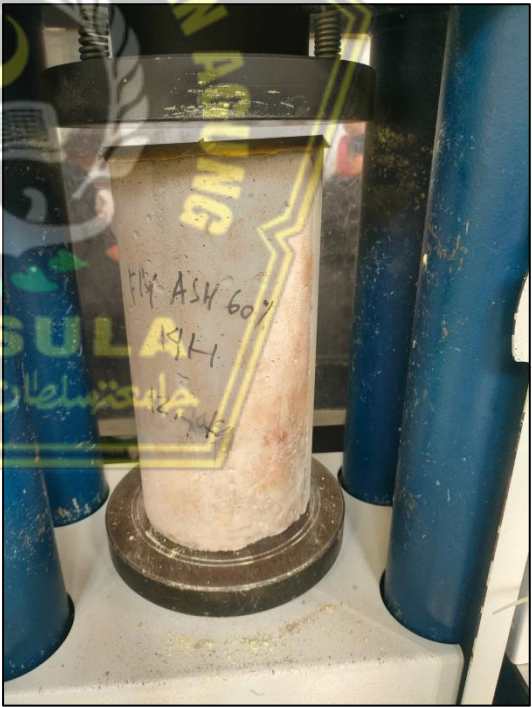
No.	Pelaksanaan	Gambar
1.	Uji Kadar Air dan Kadar Lumpur	
2.	Penimbangan Material	

3.	Pemisahan Material	
4.	Pembuatan Beton	

5.	Penuangan Adonan Beton Pada Wadah	
6.	Uji Slum Test	

7.	Memasukkan Adonan Beton Pada Cetakan Silinder	
8.	Pelepasan Beton Dari Cetakan Silinder	

9.	Perendaman Beton	
10.	Pengkepingan Beton	

11.	Penimbangan Beton	
12.	Pengujian Beton	

DAFTAR PUSTAKA

- Adi S, D., Rahman N, F., Lie, H. A., & Purwanto. (2018). Studi Experimental Pengaruh perbedaan Molaritas. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 7, 89–98.
- Arifi, E. (2015). Agregat Daur Ulang. *Pemanfaatan Sebagai Pengganti Semen Parsial Untuk Meningkatkan Performa Beton Agregat Daur Ulang*, 9(3), 229–235.
- Ash, D. F. L. Y. (2020). *Progress in Civil Engineering Journal LAPISAN COATING DAN ABU SEKAM PADI Progress in Civil Engineering Journal*. 2(1), 8–19.
- Cahyaka, H. W., Wibowo, A., Handayani, K. D., Wiyono, A., & Santoso, E. H. (2018). TIM EJOURNAL Ketua Penyunting : Penyunting : Mitra bestari : Penyunting Pelaksana : Redaksi : Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya Website : tekniksipilunesa.org Email : REKATS. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 1(1), 186–194.
- Dewi, N. R., Dermawan, D., & Ashari, M. L. (2016). Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit Dan *Fly Ash* Sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (Bsp) (Studi Kasus : Pt. Varia Usaha Beton). *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 13(1), 34. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v13i1.34-43>
- Ekaputri, J. J., Triwulan, & Damayanti, O. (2007). Sifat mekanik beton geopolimer berbahan dasar *fly ash* jawa power paiton sebagai material alternatif. *Pondasi*, 13(2), 124–134.
- Ekaputri, J. J., & Triwulan, T. (2013). Sodium sebagai Aktivator *Fly Ash*, Trass dan Lumpur Sidoarjo dalam Beton Geopolimer. *Jurnal Teknik Sipil*, 20(1), 1. <https://doi.org/10.5614/jts.2013.20.1.1>
- Firda, A., Permatasari, R., & Fuad, I. S. (2021). Pemanfaatan Limbah Batubara (*Fly Ash*) Sebagai Material Pengganti Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton Ringan. *Jurnal Deformasi*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.31851/deformasi.v6i1.5423>
- Manuahe, R., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2014). Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (*Fly Ash*). *Jurnal Sipil Statik*, 2(6), 277–282.
- Maryoto, A. (2008). Pengaruh Penggunaan High Volume *Fly Ash* Pada Kuat Tekan Mortar. *Teknik Sipil & Perencanaan*, 10(2), 103–113.

- Pemanfaatan, P., Terbang, A. B. U., Ash, F. L. Y., Pltu, D., Sulawesi, I. I., Sebagai, U., Parsial, S., Teknik, F., Sipil, J. T., & Ratulangi, U. S. (2014). *Pengaruh pemanfaatan abu terbang () dari pltu ii sulawesi utara sebagai substitusi parsial semen terhadap kuat tekan beton*. 2(7), 352–358.
- Puro, S. (2014). Memanfaatkan Sekam Padi dan *Fly Ash* Dengan Kandungan Semen 350 kg/m³. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 4(2), 85–91.
- Rusyandi, K., Mukodas, J., & Gunawan, Y. (2012). Perancangan Beton Self Compacting Concrete (Beton Memadat Sendiri) Dengan Penambahan *Fly Ash* dan Structuro. *Jurnal Konstruksi*, 10(01), 1–11. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.10-01.35>
- Setiawati, M. (2018). Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 17, 1–8. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/3556>
- Sulistyowati, N. A. (2013). Bata Beton Berlubang Dari Abu Batubara (*Fly Ash* dan Bottom Ash) Yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*, 15(1), 87–96.
- Sultan, M. A., Imran, I., & Faujan, M. (2019). PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PEMBAKARAN BATUBARA (*FLY ASH*) Ex PLTU RUM PADA CAMPURAN BETON. *Teras Jurnal*, 9(2), 83. <https://doi.org/10.29103/tj.v9i2.186>
- Wayan Suarnita. (2011). Kuat Tekan Beton Dengan Aditif *Fly Ash* EX. PLTU Mpanau Tavaeli. *Jurnal SMARTek*, 9 No.1, 1–10.