

TUGAS AKHIR

**SIFAT-SIFAT TEKNIS BETON *FAST TRACK* DENGAN
FLY ASH SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI SEMEN
UNTUK PERKERASAN JALAN**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

**Aldila Fani Ferennita
NIM : 30202000025**

**Elsya Kholifataya
NIM : 30202000063**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

SIFAT-SIFAT TEKNIS BETON *FAST TRACK* DENGAN *FLY ASH* SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI SEMEN UNTUK PERKERASAN JALAN



Aldila Fani Ferennita
NIM : 30202000025



Elsya Kholifataya
NIM : 30202000063

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 17 Januari 2024

Tim Penguji

1. **Ir. H. Rachmat Mudiyo, M.T., Ph.D**
NIDN: 0605016802
2. **Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D**
NIDN: 0607046802
3. **Dr. Juny Andry Sulisty, ST., MT**
NIDN: 0611118903

Tanda Tangan

UNISSULA
جامعة سلطان أجونغ الإسلامية
Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

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

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 31 / A.2 / SA – T / IX / 2023

Pada hari ini tanggal 17-01-2024 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Ir. H. Rachmat Mudyono, M.T., Ph.D
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

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

Aldila Fani Ferennita
NIM : 30202000025

Elsya Kholifataya
NIM : 30202000063

Judul : Sifat-Sifat Teknis Beton *Fast Track* Dengan *Fly Ash* Sebagai Material Substitusi Semen Untuk Perkerasan Jalan

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan Dosen Pembimbing	20/09/2023	
2	Seminar Proposal	10/11/2023	ACC
3	Pengumpulan data	19/11/2023	
4	Analisis data	21/11/2023	
5	Penyusunan laporan	02/12/2023	
6	Selesai laporan	11/01/2024	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 Mudyono, M.T., Ph.D

Dosen Pembimbing Pendamping

Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

1. NAMA : Aldila Fani Ferennita
NIM : 30202000025
2. NAMA : Elsy Kholifataya
NIM : 30202000063

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :
Sifat-Sifat Teknis Beton *Fast Track* Dengan *Fly Ash* Sebagai Material Substitusi
Semen Untuk Perkerasan Jalan
benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka Saya
bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini Saya buat untuk dipergunakan sebagaimana
mestinya.



PERNYATAAN KEASLIAN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

1. NAMA : Aldila Fani Ferennita
NIM : 30202000025
 2. NAMA : Elsy Kholifataya
NIM : 30202000063
- JUDUL TUGAS AKHIR : Sifat-Sifat Teknis Beton *Fast Track* Dengan
Fly Ash Sebagai Material Substitusi Semen Untuk
Perkerasan Jalan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli Saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan 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 di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka Saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 17/01/2024
Yang membuat pernyataan,



The image shows two handwritten signatures in black ink. Between the signatures is a vertical stamp with a Garuda emblem and the text 'METERAI TEMPEL' and 'FD04CAKX785142594'. There is also a small red stamp to the right of the signatures.

Aldila Fani Ferennita Elsy Kholifataya
NIM : 30202000025 NIM : 30202000063

MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ ۗ وَلَوْ آمَنَ أَهْلُ
الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ ۗ مِنْهُمْ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثُرُهُمُ الْفَاسِقُونَ

"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." (QS. Ali 'Imran : Ayat 110)

وَلَوْ أَنَّ أَهْلَ الْقُرَىٰ آمَنُوا وَاتَّقَوْا لَفَتَحْنَا عَلَيْهِم بَرَكَاتٍ مِّنَ السَّمَاءِ وَآلَا رُضٍ وَلَٰكِن كَذَّبُوا فَأَخَذْنَاهُم بِمَا كَانُوا يَكْسِبُونَ

"Dan sekiranya penduduk negeri beriman dan bertakwa, pasti Kami akan melimpahkan kepada mereka berkah dari langit dan bumi, tetapi ternyata mereka mendustakan (ayat-ayat Kami), maka Kami siksa mereka sesuai dengan apa yang telah mereka kerjakan." (QS. Al-A'raf : Ayat 96)



PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini Penulis persembahkan untuk :

1. Kedua Orang Tua Saya, Bapak Ngaspan dan Ibu Surani, Kakak Saya Age Iwang Rahmadi, kedua Adik Saya Aldyah Ramadhan Adelia dan Alif Hamzah Zaini juga untuk Keluarga besar Mbah Citro, Bapak Sukardi serta Alm. Bapak Raseman. Terima kasih atas doa, restu, waktu, tenaga, dan materi yang telah diberikan hingga saat ini. Terima kasih karena telah selalu memberi semangat, motivasi dan dukungan untuk terus berjuang mewujudkan segala harapan. Terima kasih atas segala cinta dan kasih sayang yang tiada henti hingga Saya bisa berada pada titik ini. Terima kasih karena sudah sabar menanti tercapainya gelar Pendidikan Strata-1 ini.
2. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, M.T., Ph.D
Sebagai Dosen Pembimbing yang senantiasa sabar dan ikhlas dalam membimbing Kami. Terima kasih atas waktu, ilmu dan masukan yang telah diberikan selama berdiskusi hingga terselesaikannya Laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D
Sebagai Dosen Pembimbing Pendamping yang senantiasa sabar dan ikhlas dalam membimbing Kami. Terima kasih atas waktu, ilmu dan masukan yang telah diberikan selama berdiskusi hingga terselesaikannya Laporan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh Dosen dan Karyawan Fakultas Teknik UNISSULA
Terima kasih telah memberi pelajaran hidup, pengalaman, menjadi teman berdiskusi, bertukar pikiran dan terima kasih karena telah sudi direpotkan untuk hal-hal yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
5. Elsyia Kholifataya *partner* Kerja Praktik sekaligus Tugas Akhir
Terima kasih sudah bertahan sejauh ini, terima kasih atas semangat, waktu dan kesabaran yang luar biasa dalam setiap tahap yang Kami lalui.
6. Sahabat saya, Risma Ismawati
Terima kasih sudah menjadi orang yang hebat, memotivasi, sabar dan ikhlas

menerima Saya dalam segala hal. Terima kasih atas pelajaran hidup yang telah diberikan kepada Saya dan mari hidup lebih lama.

7. Maulia Nur Prihatin dan teman-teman Saya, Rifqoh Nur Abidah, Putri Aryani, Farida Safarina, Aldino Daffa Cahya Pratama, Ananda Kurnia Ardhinata, Bagus Kurniawan, Bachtiarrafi Biilma Inzagky, Dwi Anan Maulana, Eko Muharifin, Gama Tsana Fuqoha, Hermawan Susilo, Luqmanul Hidayat, M. Farid Azza, Ova Thoifurrohman, Ryzal Nanda Wijaya serta Syafiudin Alawai.

Terima kasih atas semua bantuan, perhatian dan semangat yang diberikan selama Saya hidup di Semarang.

8. Semua orang dibalik layar yang selalu memberi *support system* hingga Saya mampu berada pada titik ini.



Aldila Fani Ferennita

NIM : 30202000025

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini Penulis persembahkan untuk :

1. Kedua Orang Tua Saya, (Alm) Bapak Mad Sholeh selaku Orang Tua Saya yang sudah berpulang Ketika Saya masih menempuh pendidikan kuliah. Semoga Beliau bangga dengan apa yang telah dicapai oleh anaknya dan semoga bapak bahagia disana. Ibuku, Ibu Sujati yang selalu memberi dukungan do'a secara lahir & batin. Engkau mampu menjadi orang tua tunggal selama ini. Terima kasih atas segala cinta dan kasih sayang yang tiada henti hingga Saya bisa berada pada titik ini. Terima kasih karena sudah sabar menanti tercapainya gelar pendidikan Strata-1 ini.
2. Untuk Saudaraku, Putri Ulin Nafi'ah, Etica Barca Ramandhani yang selama ini sudah memberi banyak fasilitas untuk saya dan selalu membukakan pintu rumah jika bimbingan sampai malam.
3. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyono, M.T., Ph.D dan Bapak Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D. yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada Kami agar bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
4. Seluruh Dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
5. Aldila Fani Ferennita selaku partner Kerja Praktik sekaligus Tugas Akhir. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini, terima kasih atas semangat, waktu dan kesabaran yang luar biasa dalam setiap tahap yang Kami lalui.
6. Untuk Andika Rizki Ardianto, Terima kasih sudah menjadi *support system* sampai sejauh ini. Makasih sudah membantu dalam segala hal, selalu memberi do'a yang terbaik.
7. Diva Syafa, Eriana, Sovia, Rifqoh, Ani, Farida, Ananda, Biilma, Rafi, Anan, Gama dan teman-teman Fakultas Teknik Angkatan 2020, Terima kasih atas semua bantuan, jerih payah, tenaga dan perhatiannya.

8. Semua orang dibalik layar yang selalu memberi support system hingga Saya mampu berada pada titik ini.

Elsya Kholifataya
NIM : 30202000063



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala Puji dan Syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala Rahmat-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Sifat-Sifat Teknis Beton *Fast Track* Dengan *Fly Ash* Sebagai Material Substitusi Semen Untuk Perkerasan Jalan” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik UNISSULA.
2. Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
3. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyono, M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Ir. H. Prabowo Setiyawan, M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada Penulis.
6. Seluruh Karyawan Fakultas Teknik UNISSULA yang telah banyak memberikan bantuan kepada Penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi Penulis tetapi juga bagi para Pembaca.

Semarang, 17 Januari 2024

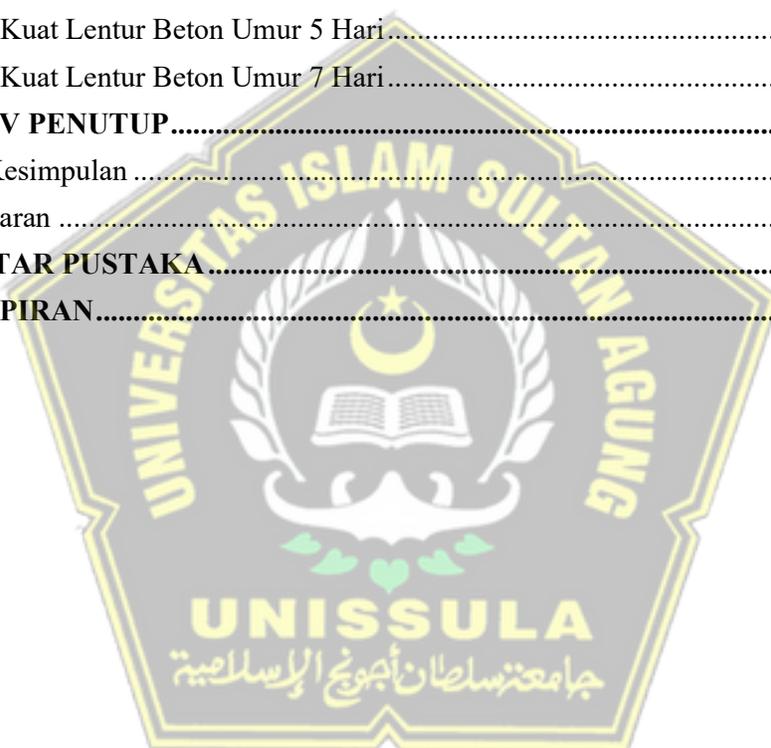
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR PERSAMAAN	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
ABSTRAK	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Beton	4
2.2. Bahan Penyusun Beton	5
2.2.1. <i>Portland Cement</i>	5
2.2.2. Agregat Halus	7
2.2.3. Agregat Kasar	8
2.2.4. Air	9
2.2.5. Bahan Tambah	11
2.2.5.1. Bahan Tambah Mineral (<i>Additive</i>).....	12
2.2.5.1.1. Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>)	12
2.2.5.1.2. Abu Batu (<i>Stone Dush</i>).....	12
2.2.5.1.3. Abu Sekam (<i>Rice Husk Ash</i>)	13
2.2.5.2. Bahan Tambah Kimia (<i>Admixture</i>)	13
2.2.5.2.1. <i>Retarder</i>	13

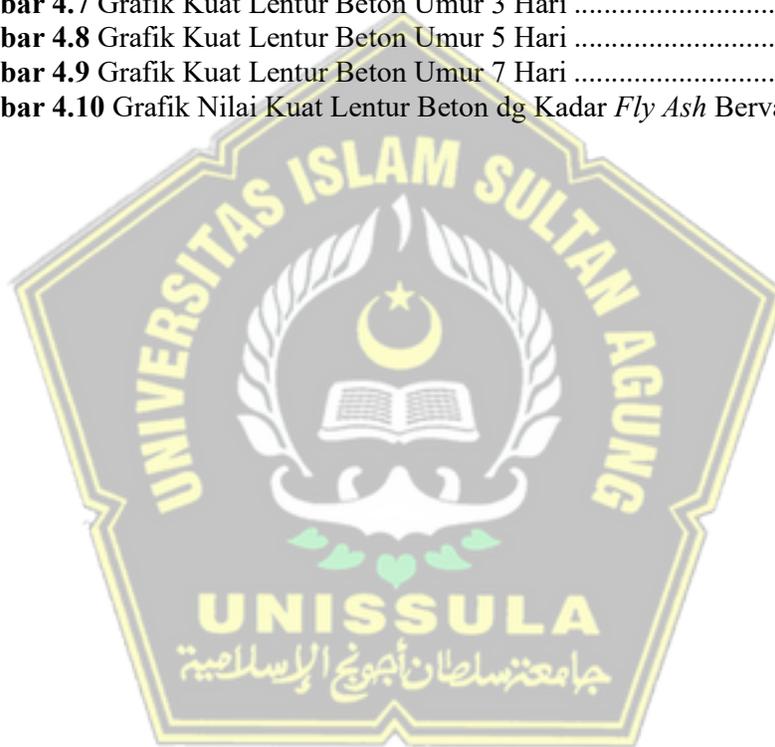
2.2.5.2.2. <i>Superplasticizer</i>	14
2.2.5.2.3. <i>Accelerator</i>	14
2.2.5.2.4. <i>Water-Reducing Admixtures</i>	15
2.3. Sifat – Sifat Teknis Beton	15
2.3.1. Beton Segar	15
2.3.1.1. <i>Workability</i>	15
2.3.1.2. <i>Durability</i>	16
2.3.1.3. <i>Consistency</i>	17
2.3.2. Beton Setelah Mengeras	17
2.3.2.1. Kuat Tekan Beton	17
2.3.2.2. Kuat Tarik Belah	19
2.3.2.3. Kuat Lentur Beton	20
2.4. Beton <i>Fast Track</i>	21
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.2. Persiapan	22
3.2.1. Bahan	23
3.2.2. Peralatan	23
3.3. Benda Uji	24
3.3.1. <i>Mix Design</i> Beton <i>Fast Track</i>	26
3.3.2. Komposisi Beton	26
3.3.2.1. Komposisi Beton Normal	26
3.3.2.2. Komposisi <i>Fly Ash</i> 10% dari Berat Semen	27
3.3.2.3. Komposisi <i>Fly Ash</i> 30% dari Berat Semen	27
3.3.2.4. Komposisi <i>Fly Ash</i> 50% dari Berat Semen	28
3.4. Pengujian	28
3.4.1. Uji Kuat Tekan Beton	29
3.4.2. Uji Kuat Lentur Beton	29
3.5. Bagan Alir	30
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	32
4.1. Hasil Pengujian Material	32
4.1.1. Agregat Halus	32
4.1.1.1. Kadar Air	32
4.1.1.2. Kadar Lumpur	34
4.1.1.3. Analisa Saringan	35
4.1.2. Agregat Kasar	38

4.1.2.1. Kadar Air.....	38
4.1.2.2. Kadar Lumpur	40
4.1.2.3. Analisa Saringan	42
4.2. Hasil <i>Slump Test</i>	44
4.3. Kuat Tekan Beton	44
4.3.1. Kuat Tekan Beton Umur 3 Hari.....	44
4.3.2. Kuat Tekan Beton Umur 5 Hari.....	46
4.3.3. Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari.....	47
4.4. Kuat Lentur Beton.....	49
4.4.1. Kuat Lentur Beton Umur 3 Hari.....	49
4.4.2. Kuat Lentur Beton Umur 5 Hari.....	50
4.4.3. Kuat Lentur Beton Umur 7 Hari.....	52
BAB V PENUTUP.....	54
5.1. Kesimpulan	54
5.2. Saran	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN.....	58



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alat Uji Kuat Tekan.....	18
Gambar 2.2 Alat Uji Kuat Tarik Belah.....	19
Gambar 2.3 Alat Uji Kuat Lentur	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	31
Gambar 4.1 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus	38
Gambar 4.2 Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar	43
Gambar 4.3 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 3 Hari	45
Gambar 4.4 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 5 Hari	46
Gambar 4.5 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari	48
Gambar 4.6 Grafik Nilai Kuat Tekan Beton dg Kadar <i>Fly Ash</i> Bervariasi	48
Gambar 4.7 Grafik Kuat Lentur Beton Umur 3 Hari	50
Gambar 4.8 Grafik Kuat Lentur Beton Umur 5 Hari	51
Gambar 4.9 Grafik Kuat Lentur Beton Umur 7 Hari	52
Gambar 4.10 Grafik Nilai Kuat Lentur Beton dg Kadar <i>Fly Ash</i> Bervariasi	53



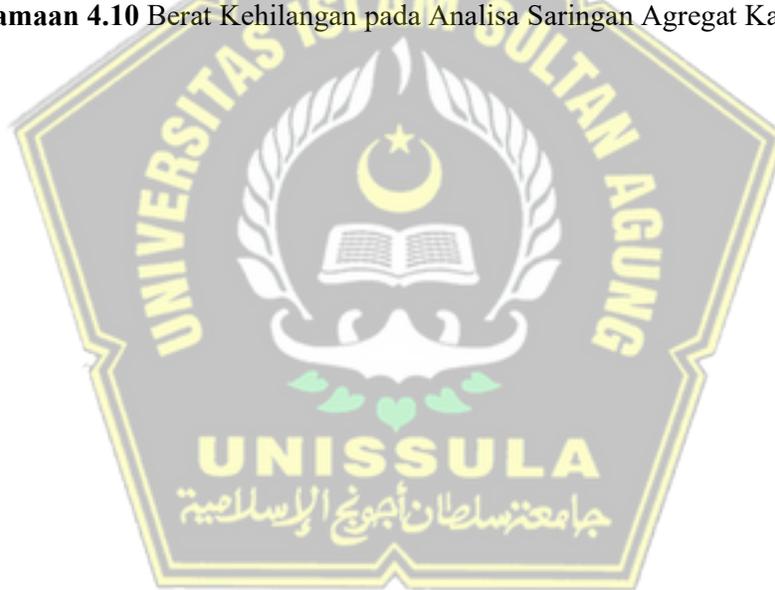
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Senyawa Oksida Pada <i>Portland Cement</i>	6
Tabel 2.2 Senyawa Dalam <i>Portland Cement</i>	7
Tabel 2.3 Ukuran Saringan Agregat Halus	8
Tabel 2.4 Sifat-Sifat Agregat Kasar	9
Tabel 3.1 Komposisi Beton Normal.....	27
Tabel 3.2 Komposisi <i>Fly Ash</i> 10%.....	27
Tabel 3.3 Komposisi <i>Fly Ash</i> 30%.....	28
Tabel 3.4 Komposisi <i>Fly Ash</i> 50%.....	28
Tabel 4.1 Data Pengujian Kadar Air Agregat Halus	32
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus	33
Tabel 4.3 Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.....	34
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.....	35
Tabel 4.5 Data Penyaringan Agregat Halus	35
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus	37
Tabel 4.7 Data Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	38
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	40
Tabel 4.9 Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar.....	40
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar.....	41
Tabel 4.11 Data Penyaringan Agregat Kasar	42
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus	43
Tabel 4.13 Hasil <i>Slump Test</i>	44
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton <i>Fast Track</i> Umur 3 Hari	45
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton <i>Fast Track</i> Umur 5 Hari	46
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton <i>Fast Track</i> Umur 7 Hari	47
Tabel 4.17 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton <i>Fast Track</i> Umur 3 Hari.....	49
Tabel 4.18 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton <i>Fast Track</i> Umur 5 Hari.....	51
Tabel 4.19 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton <i>Fast Track</i> Umur 7 Hari.....	52



DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Nilai Kuat Tekan	18
Persamaan 2.2 Konversi kN ke kg/cm ²	18
Persamaan 2.3 Nilai Kuat Tarik Belah	19
Persamaan 2.4 Nilai Kuat Lentur	20
Persamaan 3.1 Kuat Tekan	29
Persamaan 3.2 Kuat Lentur	30
Persamaan 4.1 Pengujian Kadar Air Agregat Halus	32
Persamaan 4.2 Kadar Air Rata-rata Agregat Halus	32
Persamaan 4.3 Kadar Lumpur Agregat Halus	34
Persamaan 4.4 Kadar Lumpur Rata-rata Agregat Halus	34
Persamaan 4.5 Berat Kehilangan pada Analisa Saringan Agregat Halus	35
Persamaan 4.6 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	38
Persamaan 4.7 Kadar Air Rata-rata Agregat Kasar	38
Persamaan 4.8 Kadar Lumpur Agregat Kasar	40
Persamaan 4.9 Kadar Lumpur Rata-rata Agregat Kasar	40
Persamaan 4.10 Berat Kehilangan pada Analisa Saringan Agregat Kasar	42



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumen-dokumen Penelitian	58
Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian	67



SIFAT-SIFAT TEKNIS BETON *FAST TRACK* DENGAN *FLY ASH* SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI SEMEN UNTUK PERKERASAN JALAN

Abstraksi

Beton *Fast Track* adalah beton yang cepat mengeras dan tidak membutuhkan waktu yang lama untuk bisa digunakan sebagai landasan jalan raya. Beton dibuat menggunakan pasir dan semen, sehingga diperlukan bahan baru sebagai inovasi yang dapat menggantikan (substitusi) pasir dan semen. Oleh karena itu, dilakukan penelitian terhadap beton dengan menggunakan limbah seperti *Fly Ash* sebagai bahan substitusi semen tanpa mengurangi mutu beton.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui pengaruh *Fly Ash* sebagai material substitusi semen terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur pada Beton *Fast Track*. Pada penelitian ini digunakan komposisi *Fly Ash* dengan persentase 0%, 10%, 30% dan 50% serta terdapat bahan tambah *Retarder* Tipe D sebanyak 0,2% dan *Superplasticizer* Tipe F sebanyak 0,7% dari berat semen. Benda uji yang dibuat berupa Silinder dengan Diameter 15 cm dan Tinggi 30 cm serta Balok dimensi penampang 15 cm x 15 cm dengan panjang 50 cm. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian Kuat Tekan dan Kuat Lentur terhadap Beton *Fast Track* dengan umur beton 3, 5 dan 7 hari.

Hasil Pengujian Beton *Fast Track* menunjukkan *Job Mix Design* terbaik ada pada Variasi II (*Fly Ash* 10%) dengan Nilai Kuat Tekan sebesar 338,41 kg/cm² dan Nilai Kuat Lentur sebesar 54,40 kg/cm² pada beton umur 7 hari.

Kata Kunci : *Fast Track*; *Fly Ash*; Kuat Tekan; Kuat Lentur

**TECHNICAL PROPERTIES OF FAST TRACK CONCRETE
WITH FLY ASH AS CEMENT SUBSTITUTION MATERIAL FOR
ROAD PAVEMENT**

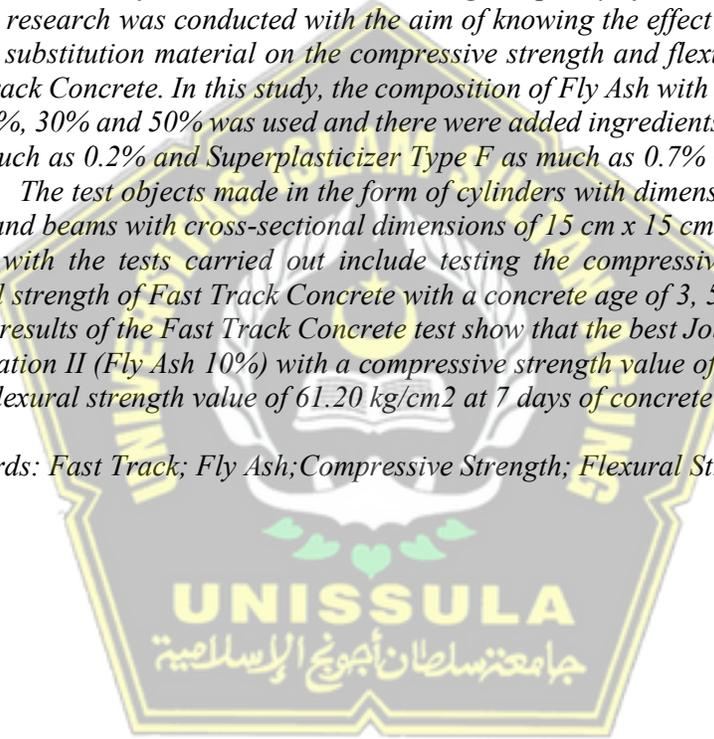
Abstract

Fast Track concrete is concrete that hardens quickly and does not require a long time to be used as a road base. Concrete is made using sand and cement, so new materials are needed as an innovation that can replace (substitute) sand and cement. Therefore, research was conducted on concrete using waste such as Fly Ash as a substitute for cement without reducing the quality of concrete.

This research was conducted with the aim of knowing the effect of Fly Ash as a cement substitution material on the compressive strength and flexural strength of Fast Track Concrete. In this study, the composition of Fly Ash with a percentage of 0%, 10%, 30% and 50% was used and there were added ingredients Retarder Type D as much as 0.2% and Superplasticizer Type F as much as 0.7% of the weight of cement. The test objects made in the form of cylinders with dimensions of 15 cm x 30 cm and beams with cross-sectional dimensions of 15 cm x 15 cm and a length of 50 cm with the tests carried out include testing the compressive strength and flexural strength of Fast Track Concrete with a concrete age of 3, 5 and 7 days.

The results of the Fast Track Concrete test show that the best Job Mix Design is in Variation II (Fly Ash 10%) with a compressive strength value of 378.84 kg/cm² and a flexural strength value of 61.20 kg/cm² at 7 days of concrete age.

Keywords: Fast Track; Fly Ash; Compressive Strength; Flexural Strength



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam menunjang perekonomian masyarakat Indonesia, Pemerintah Indonesia terus berusaha meningkatkan perekonomian masyarakatnya dengan fokus pada sektor transportasi, khususnya dalam menghubungkan wilayah-wilayah dan pulau-pulau. Saat ini, Pemerintah sedang giat berupaya dalam pengembangan sektor jalan sebagai infrastruktur darat yang vital untuk mendukung pertumbuhan ekonomi di Indonesia.

Jalan menjadi suatu hal penting dalam mendukung kemajuan suatu daerah. Dengan dilakukannya peningkatan kualitas dan kelayakan jalan maka dapat meningkat pula keamanan dan kenyamanan berkendara, sehingga dibutuhkan perkerasan jalan yang layak dan memadai. Ada banyak jenis bahan perkerasan jalan di Indonesia salah satunya adalah beton.

Beton merupakan bahan seperti pasir, kerikil, batu pecah dan agregat lainnya yang dicampurkan dengan semen dan air untuk menghasilkan beton yang memiliki konsistensi seperti batu. Campuran beton terkadang dapat ditambahkan satu atau beberapa Bahan Tambahan untuk memberikan kualitas tertentu seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), waktu pengerasan dan daya tahan (Suhardi et al., 2019).

Beton yang mengeras dengan cepat dan dapat segera dibuka untuk digunakan sebagai landasan jalan raya dikenal sebagai beton *Fast Track*. Beton *Fast Track* memiliki standar khusus untuk segmen jalan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*). Beton ini dapat dibuka untuk lalu lintas meski belum berumur tujuh hari. *Portland Cement Type I*, Agregat Halus, Agregat Kasar dan Air serta Bahan Tambahan digunakan dalam Beton *Fast Track* (Uqubah, 2020).

Sebuah Industri selalu menghasilkan limbah atau bahan bekas industri yang digunakan. Batu Bara digunakan sebagai bahan bakar di beberapa industri, termasuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). *Fly Ash* dihasilkan melalui proses pembakaran Batubara (Wikana & Wantutrianus, 2014).

Dalam setiap pembuatan beton pasti menggunakan pasir dan semen, sehingga dalam jangka waktu yang cukup lama diperlukan bahan baru sebagai inovasi yang

dapat menggantikan (substitusi) pasir dan semen untuk meminimalkan jumlah penggunaannya. Hal ini dikarenakan pasir dari alam yang diambil secara terus-menerus akan habis, selain itu kualitas pasir di setiap daerah tidak selalu sama. Sama seperti pasir, semen lama kelamaan juga akan habis sehingga dibutuhkan bahan baru. Semen dapat disubstitusi dengan persentase tertentu dari Metakaolin, Abu Sekam, Abu Terbang dan Abu Batu (Roesdiana, 2015).

Sehubungan dengan hal tersebut, penelitian dilakukan untuk mengetahui dampak penggunaan *Fly Ash* sebagai material substitusi semen pada beton *Fast Track*.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam Penelitian Tugas Akhir ini dapat disimpulkan dari konteks yang telah diberikan sebelumnya, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh *Fly Ash* terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton *Fast Track* jika digunakan sebagai substitusi semen?
2. Pada konsentrasi *Fly Ash* berapakah Kuat Tekan dan Kuat Lentur beton tertinggi?

1.3. Tujuan

Berikut penjelasan lengkap mengenai tujuan dari Tugas Akhir berdasarkan Rumusan Masalah yang telah diuraikan:

1. Mengetahui pengaruh penggunaan *Fly Ash* sebagai material substitusi semen pada Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton *Fast Track*.
2. Mengetahui kadar *Fly Ash* sebagai material substitusi semen yang menghasilkan Beton *Fast Track* dengan Kuat Tekan dan Kuat Lentur terbaik.

1.4. Manfaat

Ada beberapa keuntungan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Mengetahui akibat penggunaan *Fly Ash* untuk material substitusi semen pada beton *Fast Track*.
2. Meningkatkan kesadaran akan penggunaan *fly ash* pada konstruksi perkerasan jalan sebagai Alternatif pengganti semen.

3. Memperluas keahlian di bidang teknik, khususnya pada konstruksi jalan.

1.5. Batasan Masalah

Untuk memastikan bahwa penelitian dilakukan secara maksimal, Tugas Akhir ini memberikan Batasan pada ruang lingkup pembahasan. Batasan masalah tersebut meliputi:

1. Bahan limbah yang digunakan merupakan limbah abu hasil pembakaran Batubara (*Fly Ash*) dari PLTU Jepara.
2. Zat aditif yang digunakan adalah *Retarder Type D* dan *Superplasticizer Type F*.
3. Kuat Tekan dan Kuat Lentur merupakan sifat teknis yang diamati.
4. Pada umur 3, 5 dan 7 hari dilakukan pengujian beton.
5. Sebagai parameter digunakan Mutu Beton K-300



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Beton

Beton saat ini sering digunakan dalam konstruksi untuk berbagai macam bangunan, termasuk jalan raya, jembatan dan gedung. Dalam pembuatan beton, Semen, Agregat Halus, Agregat Kasar dan Air merupakan bahan utama. Bahan tambah lainnya dapat dicampurkan keadukan beton dalam jumlah tertentu. Kualitas beton, sebagai suatu komposit, sangat dipengaruhi oleh kualitas masing-masing material pembentuknya (Afif, 2019).

Material penyusun beton harus dipilih dengan baik sehingga dapat diperoleh adukan beton segar yang dalam pengerjaannya mudah, memenuhi kuat tekan yang sudah direncanakan saat sudah mengeras dan harga terjangkau (Supriadi, 2016).

Beton telah lama menjadi material konstruksi yang populer. Bahan tersebut dihasilkan melalui pencampuran *Portland Cement*, agregat dan air sesuai perbandingan yang telah ditentukan, serta akan mengeras dalam jangka waktu yang telah ditentukan (Supriadi, 2016).

SK SNI T-15-1990-03 mendeskripsikan beton sebagai campuran antara Agregat, Air dan Semen, dengan/atau tanpa bahan tambahan dan membentuk massa padat. Rasio campuran bahan disebutkan secara runtut, dimulai dari butiran terkecil (lunak) sampai butiran yang terbesar (semen, pasir dan kerikil) (Pratama, 2021).

Dalam proses pembuatan beton, terdapat beberapa material atau bahan yang berperan dalam membentuk beton. Secara umum, bahan penyusun beton terbagi menjadi dua kategori, yaitu bahan aktif dan pasif (Lee & Ludwig, 2016). Komponen aktif terdiri dari *Portland Cement* dan air, sementara komponen pasif yang menambah volume yaitu Agregat Halus dan Agregat Kasar (Revilla et al., 2020). Bagian aktif ini dikenal sebagai perekat atau pengikat, sementara bagian pasif disebut sebagai bahan pengisi (Haris & Tahir, 2020).

Bahan tambah (Aditif) ialah bahan tambah yang dimasukkan ke campuran beton selama proses pencampuran (Asteris et al., 2019).

2.2. Bahan Penyusun Beton

2.2.1. Portland Cement

Kombinasi perekat hidrolis yang disebut Semen Portland sangat penting untuk produksi beton. Proses penghancuran *klinker*, sebagian besar mengandung Silikat-Silikat Kalsium bersifat hidrolis yang menghasilkan Semen Portland. Pemanfaatan *gips* untuk membantu pembuatan *grout* atau pasta semen yang mengeras ketika bereaksi dengan air. Ketika kombinasi ini digabungkan dengan partikel halus, maka dikenal sebagai mortar (Windayati & Hadi, 2023). *Portland Cement* termasuk dalam jenis semen yang sering digunakan dalam campuran beton, plaster dinding, adukan encer, bahan penambal, dan berbagai aplikasi lainnya.

Fungsi utama Semen Portland untuk mengisi celah antar partikel agregat dan mengikat partikel agregat menjadi satu untuk menciptakan massa yang kompak. Beberapa senyawa yang diperlukan dalam pembuatannya melibatkan Silicon Oksida (SiO_2), Kalsium Oksida (CaO), Oksida Besi (Fe_2O_3) dan Aluminium Oksida (Al_2O_3) (PUPR, 2021). Terdapat 5 tipe klasifikasi Semen Portland, seperti dijelaskan oleh (Rudianto, 2010):

a. Tipe I (*Ordinary Portland Cement*):

Semen Portland ini berbeda dengan jenis lainnya, ditujukan untuk penggunaan yang luas dan tidak tunduk pada standar tertentu. Semen jenis ini banyak diproduksi dan sangat umum ditemukan.

b. Tipe II (*Moderate Sulfate Resistance*):

Semen Portland digunakan ketika diperlukan panas hidrasi sedang atau ketahanan sulfat. Dibandingkan dengan Semen Tipe I, semen jenis ini menunjukkan panas hidrasi lebih rendah. Di wilayah-wilayah tertentu yang mengalami suhu agak tinggi, penambahan sifat moderat "*Heat of Hydration*" diperlukan guna membatasi penggunaan air selama proses pengeringan dan mencegah terjadinya penyusutan yang signifikan. Semen Tipe II umumnya digunakan dalam konstruksi Dermaga, Bendungan dan struktur berat lainnya.

c. Tipe III (*High Early Strength*):

Dimana setelah proses pengikatan dimulai, harus memiliki kekuatan awal yang tinggi. Tingkat kehalusan tinggi (*Blaine*), sering kali mendekati $5000 \text{ cm}^2/\text{gr}$,

dan konsentrasi Trikalسيوم Silikat (C_3S) yang tinggi adalah karakteristik semen Tipe III. Dibandingkan dengan semen Tipe I yang mencapai kekuatan dalam 3 hari, beton Semen Portland Tipe III bisa mencapai kekuatan sebanding dengan Semen Portland Tipe I dalam 24 jam. Diumur 7 hari, kekuatannya sebanding dengan beton menggunakan Semen Tipe I diumur 28 hari.

d. Tipe IV (*Low Heat of Hydration*):

Semen Tipe IV membutuhkan sedikit panas untuk menghidrasi saat digunakan. Semen ini secara khusus dimaksudkan untuk digunakan pada beton bervolume besar dan bersifat masif, seperti yang digunakan untuk membangun lapangan terbang dan bendungan. Untuk menghindari pemuaian volume beton yang dapat menyebabkan keretakan (*cracking*), maka dilakukan upaya untuk mengurangi peningkatan suhu yang disebabkan oleh panas selama proses pengerasan.

e. Tipe V (*Sulfate Resistance Cement*):

Semen ini bila digunakan harus memiliki daya tahan yang kuat terhadap Sulfat. Jenis ini dapat dipergunakan dalam pembuatan beton di tempat yang banyak mengandung Garam Sulfat, termasuk Air Payau, Air Laut, lokasi Pertambangan dan tempat-tempat serupa.

Sifat kimia dari *Portland Cement* memiliki dampak signifikan terhadap kualitas semen yang dihasilkan. *Portland Cement* mengikuti takaran perbandingan antara kandungan Oksida dan komposisi senyawa yang telah ditetapkan untuk mencapai mutu semen yang diinginkan. Tabel 2.1 dan 2.2 memberikan Informasi Spesifik tentang perbandingan senyawa dalam Semen Portland dan Oksida (Yuwono, 2020).

Tabel 2.1 Senyawa Oksida Dalam *Portland Cement*

Oksida	Kandungan (%)
Silika (SiO_2)	17 – 25
Kapur (CaO)	60 – 70
<i>Potash/Soda</i> ($Na_2O + K_2O$)	0,5 – 1,3
Sulfur (SO_3)	1,0 – 3,0
Alumunium Oksida (Al_2O_3)	3,0 – 8,0
Magnesia (MgO)	0,1 – 5,5
Besi (Fe_2O_3)	0,5 – 6,0

(Sumber: Yuwono, 2020).

Tabel 2.2 Senyawa Dalam *Portland Cement*

Senyawa	Kandungan (%)
C ₃ S	45 – 65
C ₂ S	10 – 25
C ₃ A	7 – 12
C ₄ AF	5 – 11

(Sumber: P.T. Tiga Roda Indonesia, 2019)

2.2.2. Agregat Halus

Agregat Halus merujuk pada Pasir Alam berukuran 0,15 - 5,0 mm, yang dihasilkan melalui proses penghancuran pasir dan batuan secara alami atau dari kegiatan industri pemecah batu, sesuai dalam SNI 03-2847-2002. Agregat halus yang digunakan sebaiknya terbebas dari Lempung, Bahan Organik dan Partikel yang lolos saringan No.200. Selain itu tidak dibolehkan terdapat campuran lain yang dapat menyebabkan penurunan mutu beton.

Agregat Halus juga disebut sebagai pasir, adalah mineral yang terbentuk secara alami dengan ukuran partikel yang melewati ayakan No. 4 tetapi terperangkap pada ayakan No. 200. Agregat ini berfungsi sebagai pengisi dalam komposisi beton. pemecah batu (*Stone Crusher*) dapat menghasilkan pasir ini, atau dapat diperoleh dari pelarutan spontan batuan alami.

Terdapat tiga jenis pasir yaitu:

- Pasir sungai dari sungai,
- Pasir galian didapatkan dari permukaan,
- Pasir laut diangkut dari pinggir pantai.

Menurut Peraturan Beton Indonesia tahun 1971, kriteria-kriteria untuk Agregat Halus (Pasir) yaitu:

- Agregat Halus berbentuk butiran kokoh dan tajam, memiliki ketahanan pada hujan dan cuaca panas, serta tidak mudah rusak.
- Kadar Lumpur Agregat Halus harus < 5% dari Berat Kering. Jika lebih dari 5% Agregat Halus perlu dibersihkan atau dicuci.
- Bahan Organik tidak boleh berlebihan.

d. Setelah dilakukan penyaringan sesuai dengan Pasal 3.5 ayat 1 (PBI 1971), Agregat Halus yang terdiri dari butiran dengan berbagai ukuran harus memenuhi spesifikasi berikut:

- Paling sedikit 2% dari berat yang tersisa setelah ayakan 4 mm,
- Setelah dilakukannya pengayakan 1 mm, minimal 10% dari berat,
- Di atas saringan 0,25 mm, persentase beratnya berkisar 80% - 90%.

Agregat yang digunakan dalam pencampuran beton wajib mematuhi syarat yang telah ditentukan oleh ASTM, batasan ukuran Agregat Halus tertera dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Ukuran Saringan Agregat Halus

Diameter Saringan	Persen Lolos
0,15 mm	0 – 10
0,3 mm	5 – 30
0,6 mm	25 – 60
1,18 mm	50 – 85
2,36 mm	80 – 100
4,75 mm	95 – 100
9,5 mm	100

(Sumber : ASTM C 33/03)

2.2.3. Agregat Kasar

SNI 03-2847-2002 mendefinisikan Agregat Kasar sebagai kerikil dengan ukuran butir antara 5mm hingga 40mm yang diperoleh dari hasil disintegrasi batuan secara alami atau dari industri pemecah batu. Selain itu, menurut SNI 03-2461-1991 *Fineness Modulus* (FM) agregat kasar berkisar antara 6,0 hingga 7,1.

Menurut PBI 1971, Pasal 3.4 yang mengatur persyaratan untuk Agregat Kasar (kerikil) yaitu:

- a. Agregat Kasar bersifat keras, berbutir dan kedap air. Kekekalan Agregat Kasar membuatnya tahan terhadap factor-faktor yang berhubungan dengan cuaca termasuk hujan dan panas yang ekstrim.
- b. Batas Maksimum Kandungan Lumpur pada Agregat Kasar ialah 1% dari Berat Kering. Jumlah persentase Lumpur yang dapat melewati saringan 0,0063 mm

adalah hal yang penting. Agregat Kasar perlu dibersihkan Jika kandungan lumpur diatas 1%.

- c. Zat yang terkandung dalam Agregat Kasar tidak boleh merusak beton, contohnya adalah Reaktif Alkali.
- d. Agregat Kasar berupa butiran-butiran dengan beragam ukuran.
Sifat-sifat Agregat Kasar terdapat dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Sifat-Sifat Agregat Kasar

Sifat-sifat	Metoda Pengujian	Ketentuan
Kehilangan akibat Abrasi Los Angeles	SNI 2417:2008	Tidak melampui 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</i> ; maks, 60%
		Lainnya: 2,5%
Bentuk Partikel Pipih dan Lonjong dengan Rasio 3:1	ASTM D4791-10	Maksimum 25%
Bidang Pecah, Tertahan Ayakan No.4	SNI 7619:2012	Minimum 95/90

(Sumber : PUPR, 2018)

Karakteristik Agregat Kasar yang memiliki dampak signifikan pada kekuatan beton melibatkan kasarnya permukaan dan ukuran maksimum (Mu'minin et al., 2013). Permukaan agregat yang kasar dapat menciptakan ikatan cukup kuat antara Pasta Semen dan agregat. Di sisi lain, jika ukuran maksimum yang besar, luas permukaannya lebih terbatas menjadikan daya lekat dengan pasta semen jadi berkurang.

2.2.4. Air

Air yang digunakan harus murni dan terbebas dari berbagai zat yang dapat mempengaruhi kualitas beton (Herdiansyah & Pangaribuan, 2013). Dalam proses campuran beton, air berinteraksi dengan semen dalam proses hidrasi. Kekuatan beton dapat berkurang jika terlalu banyak mencampurkan air, sementara

pencampuran yang tidak merata dapat terjadi karena penambahan air yang tidak mencukupi (Maryoko, 2015).

Air memegang peran penting dalam pembuatan beton, berfungsi sebagai bahan campuran, memfasilitasi pengadukan adonan, dan sebagai pencetus reaksi hidrasi air dan semen serta menghasilkan pengikat agregat berupa pasta. Konsistensi campuran bergantung pada jumlah air dalam Beton Segar. Kandungan air yang ada pada Beton Segar harus sesuai desain campuran dan kondisi lokasi dalam proses pembuatan beton. Kandungan air yang tinggi dapat membuat beton menjadi lebih cair, sementara kandungan air yang rendah dapat mengakibatkan kehilangan daya rekat campuran beton. Karena proses pengerasan beton bergantung pada reaksi antara semen dan air, penting untuk dilakukannya pemeriksaan air yang digunakan supaya sesuai persyaratan tertentu (Setiyarto & Pradana, 2022).

Air yang dipakai membuat beton wajib memenuhi pedoman khusus, termasuk diuraikan pada SNI 03-6861.1-2002:

- a. Tidak mengandung garam yang jika melebihi 15 gram per liter, dapat melarutkan dan beton menjadi rusak (asam, bahan organik dan sebagainya).
- b. Tidak mengandung 2 gram/liter atau lebih dari partikel tersuspensi.
- c. Air yang dipergunakan dalam membuat beton haruslah murni serta terbebas oleh benda-benda yang memiliki kandungan Asam Alkali, Minyak, Garam atau Bahan Organik. Beton juga tidak boleh dibuat dengan menggunakan air tawar yang tidak dapat diminum.
- d. Mengandung Sulfat < 1 gr/liter menjadi Sulfur Trioksida (SO_3) serta Klorida (Cl) $< 0,50$ gr/liter.

Air yang memiliki tingkat kontaminasi yang signifikan dapat menghambat proses pengerasan dan mengurangi kualitas beton yang dihasilkan. Kotoran secara umum dapat menyebabkan beberapa masalah, antara lain:

- Gangguan dalam proses hidrasi dan pengikatan,
- Pengaruh negatif pada ketahanan,
- Volume yang berubah dan menyebabkan retak,
- Tulangan Baja yang berpotensi korosi dan menyebabkan beton rusak,
- Permukaan beton menjadi bercak-bercak.

Air digunakan tidak cuma sebagai pengikatan namun juga sebagai perawatan (*Curing*) beton setelah dituang. Dibandingkan dengan air yang digunakan membuat beton, air perawatan memiliki spesifikasi yang lebih ketat. Keasaman Air (pH) < 6 dengan kandungan kapur yang tidak telalu sedikit.

2.2.5. Bahan Tambah

Bahan Tambah dimasukkan pada campuran beton ketika sedang diaduk, baik dalam bentuk cairan maupun bubuk. Bahan aditif ini ditambahkan dengan tujuan untuk mengubah karakteristik campuran atau beton. Penambahan ini dapat mengurangi panas hidrasi, meningkatkan ketahanan air, mengurangi retakan selama proses pengerasan, mempercepat proses pengerasan, meningkatkan likuiditas mortar, dan meningkatkan keuletan (karakteristik getas yang lebih rendah) (Rivai & Kimi, 2019). Bahan tambahan biasanya diberikan ke dalam campuran beton dalam jumlah yang tidak terlalu banyak, sehingga membutuhkan pemantauan yang lebih ketat dibandingkan dengan produksi beton biasa. Tujuan dari pengawasan bahan tambahan adalah untuk memastikan bahwa bahan tambahan tersebut tidak memiliki dampak negatif, seperti peningkatan penyusutan kering atau elastisitas yang lebih rendah. (Yuwono, 2020).

Pencampuran kimia (*Admixture*) dan penambahan mineral (*Additive*) adalah dua kategori besar yang dapat dibagi ke dalam jenis bahan tambah yang dipergunakan beton. Bahan Tambah *Admixture* dimasukkan selama proses pengadukan atau pengecoran (*Placing*), sementara Bahan Tambah *Additive* dicampurkan selama proses pengadukan (*Mixing*) beton (Simatupang, 2023). Bahan Tambah Kimia umumnya berperan sebagai modifikasi dalam perilaku beton selama pelaksanaan pekerjaan, karena dapat meningkatkan kinerja proses tersebut. Di sisi lain, Bahan Tambah *Additive* berfungsi untuk meningkatkan kekuatan tekan beton, sehingga lebih sering digunakan untuk memperbaiki kinerja kekuatan. Selain kedua jenis bahan yang telah disebutkan, terdapat juga material tambah lainnya berupa serat.

2.2.5.1. Bahan Tambah Mineral (*Additive*)

Menambah Kuat Tekan Beton dapat dicapai dengan penambahan bahan yang dikenal sebagai *Additive* ke dalam beton selama proses pengadukan (*Mixing*).

Penambahan tersebut bermanfaat untuk meningkatkan kemampuan kerja, mengurangi panas hidrasi, biaya tenaga kerja yang lebih rendah, meningkatkan ketahanan terhadap serangan sulfat, umur simpan beton yang lebih lama dan penyusutan lebih sedikit (Amalia, 2011).

2.2.5.1.1. Abu Terbang (*Fly Ash*)

Abu Terbang merupakan suatu substansi berbutir halus berwarna abu-abu, dihasilkan dari proses Pembakaran Batubara (Herawadi & Nursanto, 2016). Abu sisa yang dikumpulkan dalam dasar tungku disebut sebagai *Bottom Ash* (Abu Dasar), sedangkan abu yang terbang karena gas buangan dikenal sebagai *Fly Ash* (Abu Terbang) (Asof et al., 2022).

Fly Ash adalah Residu Padat yang terbentuk saat Batu Bara dibakar di dalam tungku Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), kemudian keluar bersama sisa pembakaran dan ditangkap menggunakan *Precipitator Elektrostatik*. Partikel *Fly Ash* terkumpul dalam *Precipitator Elektrostatik* memiliki ukuran antara 0.005 hingga 0.074 mm.

2.2.5.1.2. Abu Batu (*Stone Dush*)

Abu Batu atau yang juga dikenal sebagai *Stone Dust* merupakan sebuah bahan bangunan yang dihasilkan dari proses penghancuran batu di industri pemecah batu menggunakan alat seperti *Stone Crusher*. Dalam bentuk partikel halus, Abu Batu dimanfaatkan sebagai campuran beton. Karena Abu Batu dapat disimpan pada saringan 0,075 mm dan memenuhi persyaratan lolos saringan 4,75 mm, maka Abu Batu merupakan limbah yang dapat digunakan sebagai pengganti agregat halus.

Secara umum, Abu Batu mempunyai warna gelap (abu-abu kehitaman) dan memiliki tekstur butiran yang cukup kasar. Ketersediaannya relatif mudah dan harganya dapat dianggap cukup terjangkau (Anonim, 2019). Salah satu

keunggulan Abu Batu yaitu memiliki daya ikat yang kuat karena tekstur yang tajam dan berasal dari proses penghancuran batu.

2.2.5.1.3. Abu Sekam (*Rice Husk Ash*).

Abu Sekam adalah abu hasil dari Sekam Padi yang dibakar, mempunyai kandungan Silika mencapai 87%-97% dari berat kering (Handayani et al., 2014). Material ini sangat berlimpah di Indonesia dikarenakan Indonesia termasuk negara penghasil padi yang besar, jumlah produksi mencapai kurang lebih 54 juta ton per tahun (Trimurtuningrum, 2021).

Material ini memiliki sifat *Pozzolan*, dapat menghasilkan senyawa bersifat seperti semen. *Pozzolan* adalah material mengandung Silika (Silika Alumina) tinggi, bereaksi kimiawi dengan Kalsium Hidroksida (Ca(OH)_2) menghasilkan senyawa bersifat seperti semen. Abu sekam ditumbuk sampai ukuran partikel tertentu dapat mempengaruhi workabilitas dan kuat tekan beton (Trimurtuningrum, 2021).

2.2.5.2. Bahan Tambah Kimia (*Admixture*)

Admixture adalah zat yang dicampur selama proses pencampuran atau pengecoran (*Placing*). Berfungsi sebagai pengubah sifat beton selama pekerjaan berlangsung karena dapat meningkatkan kinerja pelaksanaan atau mengubah kualitas beton (Rahmat et al., 2016).

Penggunaan Bahan Tambah Kimia bertujuan untuk meningkatkan kemampuan kerja beton (*workability*), mengatur Rasio Air-Semen pada Beton Segar, mengontrol *Setting* Beton, meningkatkan kekuatan setelah pengerasan, meningkatkan kualitas kedap air serta memperpanjang daya tahan dan ketahanan terhadap gesekan (Irna et al., 2016).

2.2.5.2.1. Retarder

Retarder digunakan untuk memperlambat proses pengikatan beton. *Retarder* memiliki fungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air dalam proses pengadukan tanpa mengorbankan konsistensi campuran secara bersamaan melambatkan proses awal pengikatan dan pengerasan beton.

Berikut adalah beberapa alasan mengapa *Retarder* digunakan dalam beton saat membangun struktur:

- a. Kondisi panas: *Retarder* diperlukan dalam suhu panas untuk mencegah beton kehilangan kelembaban dengan cepat.
- b. *Finishing* yang lama: Proses *finishing* yang lama memerlukan periode *setting* beton yang lebih lama juga.
- c. Pengecoran yang sulit: Prosedur pengecoran sangat menantang, membutuhkan lebih banyak waktu untuk menyelesaikannya dari pada periode pengaturan beton pada umumnya.

Selain alasan yang telah disebutkan, focus lainnya yaitu lokasi *Batching Plant* yang cukup terpencil. *Mobile Mixer* berjalan pada kondisi jalan yang tidak rata karena adanya lubang dan kemacetan lalu lintas menjadikan adukan beton membutuhkan *Retarder*.

2.2.5.2.2. *Superplasticizer*

Superplasticizer beton adalah jenis Bahan Tambah khusus yang dimanfaatkan sebagai penurun Kadar Air Semen dan meningkatkan kualitas beton. Campuran yang disebut *Superplasticizer* digunakan dalam beton untuk membatasi jumlah pemakaian air.

Superplasticizer adalah jenis Bahan Kimia tambahan yang diklasifikasikan sebagai Tipe F atau *High Range Water Reducer* (ASTM C494-82), bertujuan untuk menurunkan Kadar Air Beton lebih dari 12%. Selain itu *Superplasticizer* mengandung Asam Sulfonat, menurunkan kekuatan permukaan partikel semen dan melepaskan air yang terikat pada gugus partikel semen, sehingga memungkinkan penyebaran partikel lebih seragam (Ardhya et al., 2016).

2.2.5.2.3. *Accelerator*

Beton dapat dipercepat proses pengikatan dan pengerasannya dengan menambahkan *Accelerator*. Berbagai *Accelerator* tambahan juga dipakai, seperti Larutan Karbonat, Silikat, Fluosilikat dan Trithanolamin. Dosis maksimum Kalsium Khlorida yang dapat ditambahkan ke dalam campuran adalah 2% dari berat semen, ditambah ke campuran dalam bentuk larutan dan dilarutkan ke dalam sebagian air (Sugianto, 2020).

Penggunaan *Accelerator* pada beton dapat mempercepat pengikatan dan pengerasan, sehingga tidak memerlukan waktu lama untuk pengikatan dan pengerasan beton.

2.2.5.2.4. *Water-Reducing Admixtures*

Menurut ASTM. C. 494-82 *Water-Reducing Admixtures* menurunkan jumlah air yang digunakan dalam proses pencampur dan menciptakan beton dengan spesifik tertentu. Zat Aditif ini digunakan untuk produksi beton dengan Rasio Faktor Air Semen (FAS) yang berkurang tetapi tetap mempertahankan kandungan semen dan Nilai *Slump* (Razhanah et all, 2021).

2.3. Sifat – Sifat Teknis Beton

2.3.1. *Beton Segar*

Beton segar merupakan campuran beton encer dan belum terikat, telah selesai dicampurkan serta belum berubah sifatnya (masih bersifat plastis) (Yahya et all, 2019).

Beton segar yang optimal adalah beton yang dapat diaduk, dituang, dan diangkut serta dipadatkan tanpa mengalami *Bleeding* ataupun pemisahan kerikil dari adukan (*Segregasi*) (Anggara & Dhani, 2017).

2.3.1.1. *Workability*

Workability didefinisikan sebagai kemudahan dalam pengerjaan beton untuk dicampur, diangkut, dicor serta dipadatkan tanpa mengurangi keseragaman beton dan tidak terjadi penguraian pada beton (Joni, 2017). *Workability* juga dapat diartikan sebagai sifat beton atau properti fisik murni dari beton yang baru dicampur (Anonim, 2021).

Jika suatu jenis beton segar dapat diletakkan, diselesaikan, dipadatkan, dan diangkut tanpa adanya segregasi maka beton tersebut dianggap *workable*. *Workability* yaitu tingkat kemudahan beton untuk ditempatkan, dipadatkan, dan diselesaikan dengan cara yang diinginkan. (Anonim, 2021). *Workability* dipengaruhi oleh proporsi bahan penyusun serta karakteristik material atau sering disebut konsistensi beton. *Workability* tergantung pada beberapa faktor meliputi:

a. Rasio Air-semen (W/C Ratio),

- b. Agregat Halus terhadap Agregat Kasar (FA/CA),
- c. Rasio semen pada agregat,
- d. *Admixtures* digunakan untuk membuat beton yang baru dicampur menjadi lebih mudah dikerjakan tanpa meningkatkan rasio semen terhadap air dan melemahkan integritas struktural beton.

Definisi Workabilitas diuraikan dalam tiga aspek terpisah sebagai berikut:

- a. Kompaktibilitas, mengacu pada kemudahan dalam memadatkan beton dan menghilangkan rongga udara.
- b. Mobilitas, merujuk pada kemampuan beton yang dapat mengalir kedalam cetakan sekitar baja dan dapat dituang kembali.
- c. Stabilitas, mengacu pada kekuatan beton mempertahankan Homogenitas, Koherensi dan Stabilitasnya selama produksi dan transportasi tanpa mengalami Segregasi (pemisahan butiran dan bahan-bahan utamanya).

2.3.1.2. *Durability*

Durability disebut juga dengan daya tahan. *Durability* sama pentingnya dengan *Workability*, namun *Durability* sukar untuk dinilai karena memerlukan waktu pengamatan yang cukup lama. Pengujian *Durability* dengan waktu cepat akan membuat hasil yang tidak dapat diandalkan dan menghalangi pengukuran *Durability* bangunan beton.

Durability pada beton merupakan kemampuan beton untuk bertahan dikondisi yang dirancang tanpa mengalami kerusakan selama beberapa tahun dikenal sebagai daya tahan (Jamal, 2017). Daya tahan beton dapat juga didefinisikan sebagai kemampuan beton dalam menahan pelapukan, serangan kimia dan juga abrasi dengan tetap mempertahankan sifat teknik yang diinginkan.

Pada dasarnya ada tiga ketahanan yang harus dimiliki beton, yaitu:

1. *Weathering Resistance* yaitu ketahanan terhadap keadaan cuaca,
2. *Resistance to Chemical Deterioration* yaitu ketahanan terhadap efek bahan kimia berupa bahan kimia maupun lingkungan agresif,
3. *Resistance to Erosion* yaitu ketahanan terhadap erosi akibat gesekan atau tumbukan bahan-bahan dari luar.

Faktor pengaruh beton supaya tetap awet yaitu :

1. Struktur pasta semen padat dan permeabilitasnya rendah,
2. Dalam kondisi ekstrim, telah memasukkan udara untuk menahan siklus beku-cair,
3. Dibuat dengan agregat bergradasi yang kuat dan lembab,
4. Bahan-bahan dalam campuran mengandung pengotor minimal seperti Alkali, Klorida, Sulfat dan Lanau.

2.3.1.3. *Consistency*

Consistency adalah ukuran dari keterbasahan, atau fluiditasnya (*Fluidity*). Proporsi dan karakteristik campuran beton memiliki dampak yang signifikan terhadap keseragaman ini. Konsistensi biasanya diukur dengan Metode *Slump Test*. Konsistensi beton ini mengacu pada tingkat kelembaban atau aliran campuran beton yang akan mempengaruhi tingkat kemudahan beton untuk dikerjakan (Anonim, 2023).

Uji *Slump* dilakukan dengan menggunakan corong khusus yang dikenal sebagai slump cone. Alat ini memiliki ketinggian 300 mm, dengan bagian dasar berdiameter 250 mm serta ujung atasnya berdiameter 100 mm. Kerucut diisi dengan 3 layer dengan isi 1/3 volume kerucut pada setiap lapisnya. Perlapisan ditusuk sebanyak 25 kali dan pengangkatan corong dilakukan secara perlahan.

2.3.2. *Beton Setelah Mengeras*

Beton yang sudah mengalami *setting* sehingga beton tersebut menjadi kaku dan mampu menahan tekanan. Sifat-sifat Beton Setelah Mengeras diantaranya adalah sebagai berikut.

2.3.2.1. *Kuat Tekan Beton*

Daya Tahan terhadap tekanan pada Beton ialah sebuah spesimen beton ketika dikenai tekanan yang dihasilkan mesin press, jumlah beban yang diterapkan per satuan luas (Pane et al., 2015). Komposisi Semen, Agregat Halus, Agregat Kasar dan Air dalam campuran beton memiliki dampak yang signifikan terhadap Daya Tahan Tekan Beton (PUPR, 2020).

Benda uji yang digunakan berbentuk Silinder berdiameter 150 mm dengan tinggi 300 mm (Tarisa et all, 2016). Daya Tahan Tekan pada Beton menjadi sifat krusial dalam menilai mutu beton. Hal ini disebabkan karena pengukuran kekuatan tekan beton dapat digunakan untuk beberapa karakteristik fisik utama beton, termasuk Modulus Elastisitas, Daya Tahan Tarik Belah, Kuat Geser, tahan terhadap kerusakan, ketahanan terhadap air dan aspek-aspek lainnya (PUPR, 2022).

Alat Uji Daya Tahan Tekan Beton dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Alat Uji Kuat Tekan
(Sumber : Dokumen Pribadi)

Nilai Kuat Tekan dapat diperhitungkan dengan Persamaan (2.1) dibawah:

$$f'c = \frac{P}{\frac{\pi}{4} \phi^2} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$f'c$ = Daya Tahan Tekan Beton (MPa)

P = Beban Uji Maksimum (Retak) (N)

π = 3,14

ϕ = Diameter Benda Uji (mm)

Konversi kN ke kg/cm² menggunakan Persamaan (2.2) berikut:

$$\frac{P \times 102}{\phi} = \text{kg/cm}^2 \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

P = Beban Uji Maksimum (hancur) (N)

102 = Angka Konversi

ϕ = Diameter Rata-rata Benda Uji (mm)

2.3.2.2. Kuat Tarik Belah

Beton termasuk material bersifat lemah terhadap tegangan tarik. Besarnya Kuat Antara 9% dan 15% dari kekuatan tekan adalah kekuatan Tarik Belah (Putra & Widjaja, 2015). Hasil dari kekuatan tarik dan tekan pada beton tidak sepenuhnya proporsional. Nilai Kuat Tarik hanya sedikit meningkat sebagai respon dari setiap upaya untuk meningkatkan kualitas Kuat Tekan.(Untu et all, 2015).

Dalam SNI-03-2491-2002 dijelaskan Daya Tahan Tarik Belah dideskripsikan sebagai Nilai Daya Tahan Tarik tidak langsung dari benda uji beton Silinder. Metode ini melibatkan pemberian beban pada benda uji yang ditempatkan mendatar dan sejajar dengan permukaan mesin uji.

Uji Kuat Tarik Belah merupakan kemampuan beton untuk menahan gaya tegak lurus benda uji terhadap sumbu hingga terjadi patah (MPa) dalam satuan luas (SNI 03-4431-1997).

Gambar 2.2 berikut ini menunjukkan Alat Uji Kuat Tarik Belah:



Gambar 2.2 Alat Uji Kuat Tarik Belah

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Nilai Kuat Tarik Belah dihitung memakai Persamaan (2.3) berikut:

$$F_{ct} = \frac{2P}{dh} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

F_{ct} = Kuat Tarik Belah (MPa)

P = Beban Uji Maksimum (N)

d = Diameter Silinder (mm)

h = Tinggi Silinder (mm)

2.3.2.3. Kuat Lentur Beton

Lentur pada balok diakibatkan oleh beban *Eksternal* (Suryani et all, 2018). Kuat Lentur yaitu Nilai Tegangan Tarik yang timbul dari Momen Penahan penampang balok uji dengan Momen Lentur (SNI 03-4154-1996). Adapun tujuan dari Uji Daya Tahan Lentur yaitu untuk memperoleh Kuat Lentur beton yang akan dipergunakan sebagai keperluan perancangan struktur.

Adapun persyaratan umum untuk pengujian Kuat Lentur yang harus diikuti:

1. Setiap balok uji harus dikenali (Pelabelan) dan diberi tanggal,
2. Mesin Uji Tekan yang digunakan harus dikalibrasi,
3. Pelaksana dan Kepala Laboratorium yang bertanggung jawab atas pengujian harus menandatangani hasil pengujian dan mencantumkan nama, tanda tangan dan tanggal pengesahan.

Modulus Runtuh (*Modulus of Rupture*), yang menggambarkan kekuatan tarik dalam situasi lentur adalah sifat krusial dalam menentukan lendutan dan retakan balok. Gaya tekan akan terasa di bagian atas balok dan gaya tarik di bagian bawah ketika momen lentur positif terjadi. Oleh karena itu, desain balok harus memperhitungkan kapasitasnya untuk menahan tegangan tarik dan tekan.

Alat Uji Daya Tahan Beton terhadap lentur ditunjukkan Gambar (2.3) berikut:



Gambar 2.3 Alat Uji Kuat Lentur

(Sumber: Dokumen Pribadi)

Nilai Kuat Lentur dihitung menggunakan Persamaan (2.4) berikut:

$$F_b = \frac{3P}{2bh^2} \text{ (MPa)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

- F_b = Kuat Lentur (MPa)
 P = Beban Uji Maksimum (N)
 L = Jarak Tumpuan (mm)
 b = Lebar Benda Uji (mm)
 h = Tinggi Benda Uji (mm)

2.4. Beton *Fast Track*

Beton *Fast Track* merupakan beton yang siap dipakai dalam waktu cukup singkat karena cepat mengeras dan dapat langsung digunakan (Anonim, 2021). Beton jenis ini memiliki karakteristik tidak jauh beda seperti beton pada umumnya yaitu Daya Tahan Tekan tinggi dan Daya Tahan Tarik rendah (PUPR, 2022).

Beton *Fast Track* banyak digunakan untuk perkerasan jalan dan memiliki spesifikasi khusus yang memenuhi kebutuhan segmen tersebut. Beton ini dapat dibuka untuk lalu lintas sebelum mencapai usia beton 7 hari, dengan spesifikasi khusus untuk ruas jalan yang memiliki volume lalu lintas padat. Dalam spesifikasinya, beton siap pakai ini harus memiliki kuat tekan tinggi, di mana pada pembukaan lalu lintas, kekuatan tekan beton harus mencapai 300 kg/cm² (25 MPa) pada usia beton 28 hari (Anonim, 2022).

Bahan yang dipakai dalam pembuatan Beton *Fast Track* meliputi Semen Portland Tipe I, agregat, air, *Fly Ash* (Abu Terbang), aditif, bahan sambungan, tulangan baja dan bahan perawatan beton.

Teknologi *Fast Track* unggul dalam percepatan waktu pelaksanaan pekerjaan karena pembukaan lalu lintas dapat dilakukan lebih cepat setelah pengecoran. Selain itu, teknologi *Fast Track* juga berdampak dalam kelancaran lalu lintas sebab penutupan jalan setelah pengecoran tidak berlangsung lama sehingga mengurangi risiko kemacetan (Anonim, 2021).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat dan waktu dilaksanakannya penelitian:

1. Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Internal PT. Bangun Mulya Tan Abadi, Kendal.

2. Waktu Penelitian

Penelitian berlangsung selama tiga bulan, dimulai pada September hingga Desember 2023.

3.2. Persiapan

Metode Eksperimental Laboratorium adalah Metodologi yang dipakai didalam penelitian ini. Saat membuat benda uji di laboratorium, pendekatan penelitian sangat digunakan. Dua jenis benda uji yang digunakan adalah Benda Uji Balok, yang memiliki penampang 150 mm x 150 mm, panjang 500 mm dan Benda Uji Silinder berdiameter 150 mm dengan tinggi 300 mm. Penelitian berlangsung di Laboratorium Internal PT Bangun Mulya Tan Abadi, Kendal.

Beberapa persiapan yang dilakukan sebelum melakukan penelitian:

1. Mempersiapkan peralatan tulis, skema kerja serta *Logbook* untuk pencatatan data yang didapat selama kegiatan berlangsung;
2. Mempersiapkan semua peralatan yang akan digunakan dan membersihkan peralatan dari segala kotoran sebelum digunakan;
3. Mempersiapkan bahan yang dipakai dan menakar sesuai dengan kebutuhan;
4. Memastikan ruang cetakan yang akan diisi adukan beton sudah bersih dari kotoran;
5. Memastikan timbangan digital yang akan digunakan sesuai dengan ketelitian 1 gram;
6. Memastikan semua peralatan sesuai dengan standar dan dalam kondisi dapat digunakan.

3.2.1. *Bahan*

Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian:

1. Semen
Semen Gresik *Type 1*.
2. Agregat Halus
Pasir Alam dari Merapi
3. Agregat Kasar
Berasal dari Gringsing, Batang. Memiliki ukuran maksimum 1,5" dan 3/4".
4. Air
Air di Laboratorium Internal PT. Bangun Mulya Tan Abadi, Kendal.
5. *Fly Ash*
Berasal dari PLTU Tanjung Jati Jepara.
6. Zat Aditif
Zat Aditif yang dipakai adalah *Retarder* Tipe D serta *Superplasticizer* Tipe F.

3.2.2. *Peralatan*

Berikut Instrumen yang dipergunakan dipenelitian ini:

1. Timbangan
Timbangan digunakan sebagai alat untuk menimbang beton serta agregat.
2. Ayakan
Ada beberapa variasi lubang ayakan yang berbeda yang digunakan yaitu 4,80 mm, 1,20 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,015 mm. Saringan ini memiliki penutup dan digerakkan oleh getaran mesin penyaring.
3. Gelas Ukur
Digunakan untuk menghitung berapa banyak air dan bahan tambahan yang harus dimasukkan saat membuat benda uji beton yang berbentuk balok dan silinder.
4. Oven
Bertujuan untuk mengeringkan agregat dan memastikan bahwa agregat tersebut memenuhi spesifikasi sebelum digunakan.
5. Piknometer
Digunakan untuk mengukur kandungan kotoran Agregat.

6. Cetakan Beton Silinder

Berfungsi sebagai wadah mencetak beton yang baru dicampur dan siap pakai.

7. Cetakan Beton Balok

Untuk membentuk campuran beton akhir, cetakan balok beton digunakan.

8. Mesin Uji Tekan

Alat yang mengukur kekuatan tekan beton yang sedang diuji.

9. Alat Pendukung

Sekop, ember dan selang air adalah beberapa peralatan penunjang lainnya yang dipakai dalam penelitian.

3.3. Benda Uji

Pada Tugas Akhir ini beton dibuat menggunakan *Fly Ash* sebagai substitusi semen dengan komposisi berbeda-beda, sebagai perbandingan untuk mencapai Nilai Kuat Tekan beton *Fast Track* tertinggi. *Mix Design* adalah sebuah proses pembuatan beton uji dengan komposisi yang diharapkan dapat mencapai mutu rencana. Tahapan yang dilakukan setelah pembuatan beton adalah dilakukannya Uji Tekan dan Uji Lentur.

Metode dalam penelitian ini merupakan metode yang pada umumnya dipakai untuk perencanaan Beton Normal. Mempersiapkan komposisi bahan beton untuk desain campuran yang kemudian dilakukan penyederhanaan komposisi desain campuran dengan menentukan Variabel Tetap dan Variabel Berubah.

a. Variabel Tetap

- 1) Semen.
- 2) Agregat.
- 3) Pasir.
- 4) *Fly Ash*.

b. Variabel Berubah

- 1) Persentase Nilai Daya Tahan Tekan dan Lentur Beton *Fast Track* pada pembukaan beton umur 3, 5 dan 7 hari.
- 2) Jumlah air yang dibutuhkan untuk mencapai Nilai *Slump* yang berbeda-beda tergantung variasi komponen *Mix Mesign* dan komposisi bahan beton yang berubah.

Benda uji dalam penelitian ini berupa Silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 12 sampel serta Balok dengan dimensi panjang 50 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm, jumlahnya juga 12 sampel. Pembuatan benda uji merupakan prosedur multi-langkah yang meliputi:

- a. Menyiapkan alat yang digunakan untuk produksi.
- b. Mengukur bahan sesuai dengan rencana.
- c. Memasukkan agregat ke dalam alat pencampur, aduk atau campur hingga agregat tercampur merata.
- d. Kemudian memasukkan pasir dalam alat pencampur.
- e. Berikutnya memasukkan semen dan air dalam alat pencampur, aduk atau campur hingga semua komponen tercampur secara homogen.
- f. Selanjutnya, memasukkan *Retarder* Tipe D dan *Superplasticizer* Tipe F. Waktu pencampuran minimum 3 menit setelah Zat Aditif dimasukkan. Jika setelah *Retarder* Tipe D dan *Superplasticizer* Tipe F ditambahkan adukan beton belum mengalami keenceran maka dosis *Retarder* Tipe D dan *Superplasticizer* Tipe F dinaikkan hingga pengenceran sesuai dengan rencana.
- g. Kemudian aduk atau campur hingga adonan merata untuk menghindari segregasi.
- h. Setelah semua komponen tercampur maka kemudian dilakukan *Slump Test* untuk mengetahui kadar kekentalan adukan beton.
- i. Jika tidak memenuhi syarat atau kurang cair maka dilakukan penambahan dosis *Retarder* Tipe D dan *Superplasticizer* Tipe F hingga mencapai kadar yang ditentukan dan adukan beton segar memenuhi syarat yang telah direncanakan. Sebaliknya, apabila setelah dilakukan penambahan *Retarder* Tipe D dan *Superplasticizer* Tipe F masih belum memenuhi syarat (terlalu cair) maka dilakukan pengurangan kadar air pada perencanaan campuran *Retarder* Tipe D dan *Superplasticizer* Tipe F.
- j. Setelah beton segar sudah memenuhi persyaratan yang telah direncanakan, selanjutnya dilakukan pencetakan benda uji.
- k. Adukan beton segar dicetak dan didiamkan selama 8 jam dalam cetakan, kemudian setelahnya benda uji dapat dilepaskan dari cetakan.

1. Perawatan Beton *Fast Track* umumnya sama seperti perawatan Beton Normal. Sebelum dilakukannya Uji Kuat Tekan dan Kuat Lentur, kemudian dilakukan perendaman benda uji kedalam kolam rendaman sampai umur yang ditentukan. Perendaman benda uji dilakukan dengan tujuan menghindari pengaruh cuaca pada saat terjadinya proses pengerasan beton yang akan berpengaruh pada kekuatan beton.

3.3.1. Mix Design Beton Fast Track

Pada tahap ini dilakukan pengujian dengan membuat 4 macam benda uji dengan prosentase *Fly Ash* masing-masing adalah 0%, 10%, 30% dan 50% yang dihitung dari berat semen. Benda uji juga dibuat dengan tambahan Zat Aditif yaitu *Retarder* Tipe D dan *Superplasticizer* Tipe F yang membuat campuran beton sudah memiliki tingkat *workability* sesuai dengan yang sudah ditetapkan pada saat Uji *Slump*. Sebagai acuan dan parameter digunakan Beton Normal dengan mutu K-300. Cetakan yang dipakai merupakan Silinder berukuran 150 x 300 mm dengan volume cetakan sebesar 0,0053 m³ dan Cetakan Balok berukuran panjang 500 mm, lebar 150 mm dan tinggi 150 mm dan volume cetakan sebesar 0,01125 m³.

3.3.2. Komposisi Beton

3.3.2.1. Komposisi Beton Normal

Pada variasi yang pertama, komposisi beton ini tidak menggunakan *Fly Ash* dan banyaknya Zat Aditif yang digunakan yaitu 0,2% *Retarder* Tipe D dan 0,7% *Superplasticizer* Tipe F dari berat semen. Komposisi Beton Normal ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komposisi Beton Normal

No.	Material	Sumber Bahan	Berat (1 m ³)	
1	Semen	OPC Tipe 1 Ex. Gresik	480	Kg
2	<i>Fly Ash</i>	PLTU Jepara	-	Kg
3	Air	Sumur Lokal	185	Kg
4	Pasir	Ex. Merapi	588	Kg
5	Batu Pecah 1-2 (<i>max. size</i> 3/4")	Ex. Gringsing, Batang	352	Kg
6	Batu Pecah 2-3 (<i>max. size</i> 1 1/2")		823	Kg
7	Aditif	<i>Retarder</i> Tipe D	0,96	l
		<i>Superplasticizer</i> Tipe F	3,36	l

3.3.2.2. *Komposisi Fly Ash 10% dari Berat Semen*

Komposisi variasi kedua menggunakan perbandingan *Fly Ash* sebanyak 10% dari berat semen dan Zat Aditif yang dipakai 0,2% *Retarder* Tipe D dan 0,7% *Superplasticizer* Tipe F dari berat semen. Komposisi beton dengan penambahan *Fly Ash* 10% dapat dilihat pada Tabel 3.2 dibawah ini:

Tabel 3.2 Komposisi *Fly Ash* 10%

No.	Material	Sumber Bahan	Berat (1 m ³)	
1	Semen	OPC Tipe 1 Ex. Gresik	432	Kg
2	<i>Fly Ash</i>	PLTU Jepara	48	Kg
3	Air	Sumur Lokal	185	Kg
4	Pasir	Ex. Merapi	581	Kg
5	Batu Pecah 1-2 (<i>max. size</i> 3/4")	Ex. Gringsing, Batang	349	Kg
6	Batu Pecah 2-3 (<i>max. size</i> 1 1/2")		814	Kg
7	Aditif	<i>Retarder</i> Tipe D	0,84	l
		<i>Superplasticizer</i> Tipe F	2,96	l

3.3.2.3. *Komposisi Fly Ash 30% dari Berat Semen*

Pada variasi ketiga ini, komposisi beton menggunakan perbandingan *Fly Ash* sebanyak 30% dari berat semen dan Zat Aditif yang digunakan yaitu 0,2% *Retarder* Tipe D dan *Superplasticizer* Tipe F dari berat semen. Komposisi beton dengan *Fly Ash* 30% dapat dilihat pada Tabel 3.3 dibawah ini:

Tabel 3.3 Komposisi *Fly Ash* 30%

No.	Material	Sumber Bahan	Berat (1 m ³)	
1	Semen	OPC Tipe 1 Ex. Gresik	336	Kg
2	<i>Fly Ash</i>	PLTU Jepara	144	Kg
3	Air	Sumur Lokal	185	Kg
4	Pasir	Ex. Merapi	501	Kg
5	Batu Pecah 1-2 (<i>max. size</i> 3/4")	Ex. Gringsing, Batang	361	Kg
6	Batu Pecah 2-3 (<i>max. size</i> 1 1/2")		844	Kg
7	Aditif	<i>Retarder</i> Tipe D	0,67	l
		<i>Superplasticizer</i> Tipe F	2,35	l

3.3.2.4. Komposisi *Fly Ash* 50% dari Berat Semen

Pada komposisi variasi beton yang terakhir ini menggunakan perbandingan *Fly Ash* sebanyak 50% dari berat semen dan Zat Aditif yang dipakai 0,2% *Retarder* Tipe D dan 0,7% *Superplasticizer* Tipe F. Komposisi beton dengan *Fly Ash* 50% ini dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Komposisi *Fly Ash* 50%

No.	Material	Sumber Bahan	Berat (1 m ³)	
1	Semen	OPC Tipe 1 Ex. Gresik	240	Kg
2	<i>Fly Ash</i>	PLTU Jepara	240	Kg
3	Air	Sumur Lokal	185	Kg
4	Pasir	Ex. Merapi	483	Kg
5	Batu Pecah 1-2 (<i>max. size</i> 3/4")	Ex. Gringsing, Batang	384	Kg
6	Batu Pecah 2-3 (<i>max. size</i> 1 1/2")		813	Kg
7	Aditif	<i>Retarder</i> Tipe D	0,46	l
		<i>Superplasticizer</i> Tipe F	1,68	l

3.4. Pengujian

Ketika benda uji mencapai umur rencana pengujian, akan dilaksanakan pengujian yang berbeda. Uji Kuat Tekan dan Uji Kuat Lentur adalah pengujian yang akan dilakukan. Pengujian dilakukan setelah Benda Uji mencapai umur 3, 5 dan 7 hari setelah proses pencetakan dan perawatan.

3.4.1. Uji Kuat Tekan Beton

Pengujian bertujuan untuk mengetahui Nilai Kuat Tekan dan pengaruh penambahan *Retarder* Tipe D dan *Superplasticizer* Tipe F terhadap benda uji. Uji Kuat Tekan dilakukan pada beton umur 3, 5 dan 7 hari setelah pembuatan dan perawatan beton. Berikut merupakan langkah Pengujian Kuat Tekan:

- a. Benda uji diangkat dari kolam perawatan 1 hari sebelum pengujian.
- b. Spesimen diangin-anginkan sebelum pengujian.
- c. Benda uji ditimbang untuk memastikan beratnya setelah 24 jam.
- d. Permukaan benda uji diratakan dengan belerang cair ke bagian atas benda uji (*capping*).
- e. Setelah itu, letakkan spesimen di atas mesin pres dan posisikan tepat di tengah-tengah mesin pres. Pastikan penunjuk dimulai dari angka 0.
- f. Berikan beban tekan dimulai dari 0 hingga beban retak (maksimum) selama pengujian, kemudian hasilnya dicatat.
- g. Setelah itu, gunakan persamaan (3.1) dibawah ini untuk melakukan perhiyungan:

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

f_c = Kuat Tekan Beton (kg/cm^2)

P = Beban Maksimum Yang Mengakibatkan Silinder Retak (kg)

A = Luas Penampang Benda Uji (cm^2)

3.4.2. Uji Kuat Lentur Beton

Uji Kuat Lentur adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui Kuat Lentur sebuah beton. Pengujian dilakukan pada benda uji (beton) umur 3, 5 dan 7 hari setelah pembuatan dan perawatan beton. Langkah-langkah pengujian:

- a. Keluarkan Benda Uji dari kolam perendaman beberapa jam sebelum pengujian.
- b. Angin-anginkan minimal 4 jam sebelum pengujian dilaksanakan.
- c. Setelah dianginkan benda uji ditimbang guna mengetahui beratnya.
- d. Taruh benda uji pada media lentur. Posisi diatur simetris dan tepat di tengah-tengah bidang tekan.

- e. Pastikan jarum timbangan bergerak perlahan, atur katup ke posisi pembebanan dan kecepatan pembebanan secara tepat.
- f. Turunkan kecepatan pembebanan pada saat specimen uji patah, ditandai dengan kecepatan gerak jarum pada skala yang lambat.
- g. Saat pembebanan berhenti, Beban Maksimum yang mematahkan benda uji diukur kemudian dicatat.
- h. Lakukan perhitungan dengan Persamaan 3.2 di bawah ini:

$$\sigma_1 = \frac{P.L}{b.h^2} \dots\dots\dots(3.2)$$

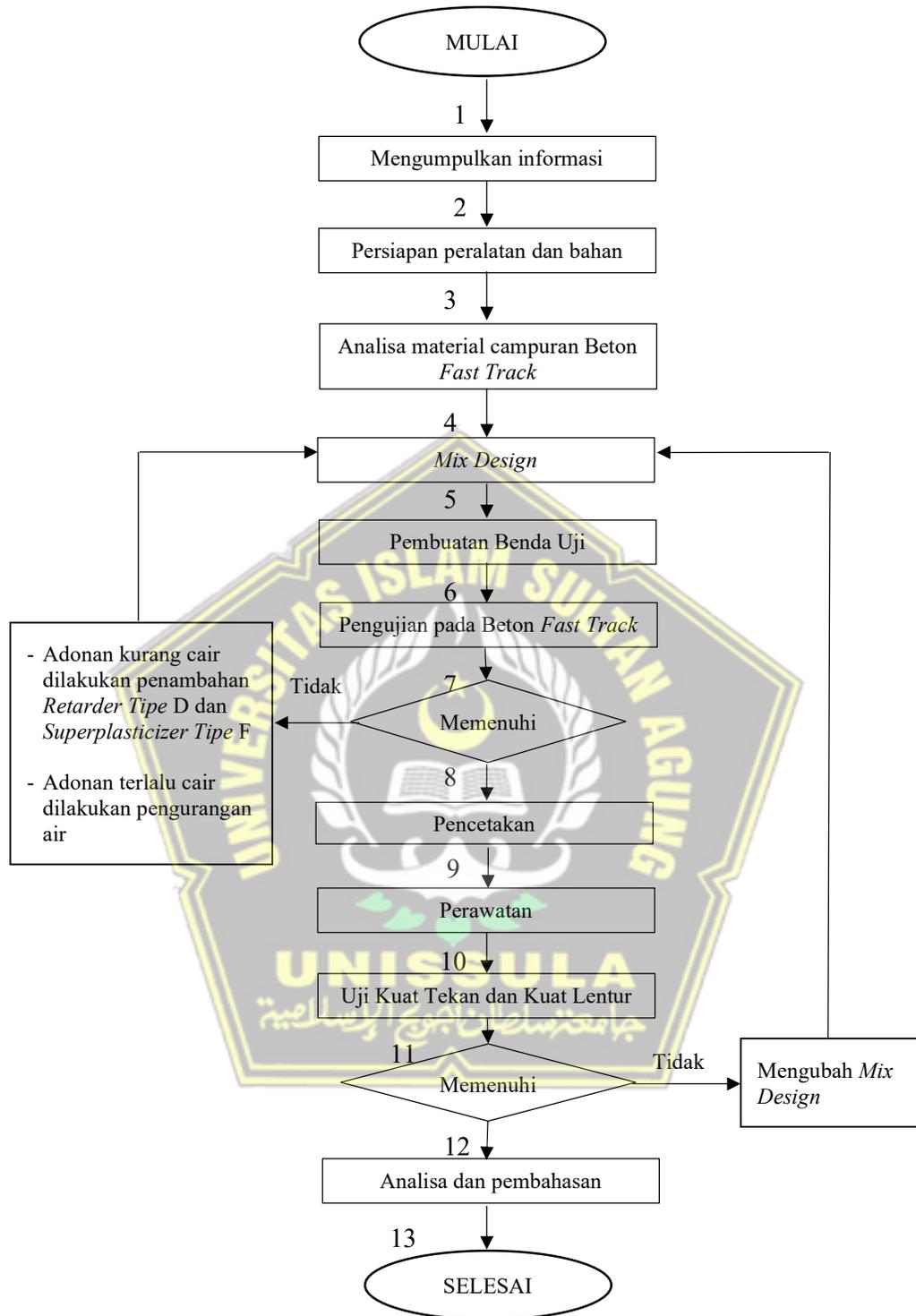
Keterangan:

- σ_1 = Kuat Lentur benda uji (MPa)
- P = Beban Maksimum yang terbaca pada Mesin Uji Lentur (N)
- L = Jarak antara dua garis perletakan (mm)
- b = Lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)
- h = Lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

3.5. Bagan Alir

Penelitian ini memiliki Diagram Alir Penelitian yang menjelaskan tahapan yang harus dilaksanakan, ditunjukkan pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Material

Dalam penelitian Tugas Akhir ini dilakukan beberapa tahap pemeriksaan dan pengujian bahan agregat yang dilakukan di Laboratorium Internal PT. Bangun Mulya Tan Abadi, Kendal. Pemeriksaan dan pengujian bahan agregat tersebut terdiri atas Uji Kadar Air, Kadar Lumpur serta Analisa Saringan.

4.1.1. Agregat Halus

4.1.1.1. Kadar Air

Data Uji Kadar Air pada Agregat Halus dijelaskan dalam Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Data Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Percobaan	Berat Cawan (gram)	Berat Cawan + Agregat Sebelum Dioven (gram)	Berat Cawan + Agregat Setelah Dioven (gram)
I	73,80	573,80	558,30
II	73,80	573,80	552,70

(Sumber: Hasil Eksperimen di Laboratorium 2023)

Pengujian Kadar Air pada Agregat Halus dilakukan menggunakan dua sampel percobaan dengan masing-masing percobaan menggunakan Agregat Halus seberat 500 gram. Perhitungan Pengujian Kadar Air menggunakan Persamaan (4.1) dan Kadar Air rata-rata menggunakan Persamaan (4.2) sebagai 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 cawan (gram)

b = Berat cawan + agregat sebelum dioven (gram)

c = Berat cawan + agregat setelah dioven (gram)

Perhitungan Kadar Air pada Agregat Halus dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

Percobaan I

- Berat cawan (a) = 73,8 g
- Berat cawan + agregat sebelum dioven (b) = 573,8 g
- Berat cawan + agregat setelah dioven (c) = 558,3 g
- Kadar Air (%) = $\frac{b-c}{c-a} \times 100\%$
 $= \frac{573,8-558,3}{558,3-73,8} \times 100\%$
 $= 3,00 \%$

Percobaan II

- Berat cawan (a) = 73,8 g
- Berat cawan + agregat sebelum dioven (b) = 573,8 g
- Berat cawan + agregat sesudah dioven (c) = 552,7 g
- Kadar Air (%) = $\frac{b-c}{c-a} \times 100\%$
 $= \frac{573,8-552,7}{552,7-73,8} \times 100\%$
 $= 4,00 \%$

Kadar air rata-rata

- Kadar Air I = 3%
- Kadar Air II = 4%
- Kadar Air Rata-rata = $\frac{\text{Kadar Air I} + \text{Kadar Air II}}{2} (\%)$
 $= \frac{3+4}{2} (\%)$
 $= 3,50 \%$

Hasil Pengujian Kadar Air pada Agregat Halus dijelaskan pada Tabel 4.2:

Tabel 4.2 Hasil Pengujian 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	73,80	573,80	558,30	3,00	3,50
II	73,80	573,80	552,70	4,00	

(Sumber: Hasil Analisa Eksperimen Laboratorium, 2023)

Dari hasil Pengujian Kadar Air pada Agregat Halus terjadi penurunan berat sampel Agregat Halus dengan Nilai Kadar Air Rata-rata sebesar 3,5%.

4.1.1.2.Kadar Lumpur

Data Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Halus dijelaskan pada Tabel 4.3:

Tabel 4.3 Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Percobaan	Berat Awal Agregat (gram)	Berat Akhir Agregat (gram)
I	500	490
II	500	488

(Sumber: Data Eksperimen Laboratorium, 2023)

Pengujian Kadar Lumpur dilakukan menggunakan dua sampel percobaan dengan sampel percobaan I sebesar 500 gr dan sampel percobaan II sebesar 500 gr. Perhitungan Kadar Lumpur pada Agregat Halus dapat dilihat pada Persamaan (4.3) dan Kadar Lumpur Rata-rata memakai Persamaan (4.4):

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \dots\dots\dots(4.3)$$

$$\text{Kadar Lumpur Rata-rata} = \frac{\text{Kadar Lumpur I} + \text{Kadar Lumpur II}}{2} (\%) \dots\dots\dots(4.4)$$

Perhitungan Kadar Lumpur pada Agregat Halus ditunjukkan pada perhitungan di bawah ini:

Percobaan I

- $W_1 = 500 \text{ ml}$

- $W_2 = 490 \text{ ml}$

- Kadar Lumpur $= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$
 $= \frac{500 - 490}{500} \times 100\%$
 $= 2,00 \%$

Percobaan II

- $W_1 = 500 \text{ ml}$

- $W_2 = 488 \text{ ml}$

- Kadar Lumpur $= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$
 $= \frac{500 - 488}{500} \times 100\%$
 $= 4,00 \%$

Kadar Lumpur Rata-rata

- Kadar Lumpur I = 2 %
- Kadar Lumpur II = 4 %
- Kadar Lumpur Rata-rata = $\frac{\text{kadar lumpur I} + \text{kadar lumpur II}}{2}$ (%)
 $= \frac{2+4}{2}$ (%)
 $= 3,00$ %

Hasil Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Halus dijelaskan dalam Tabel 4.4:

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Percobaan	Berat Awal Agregat (gram)	Berat Akhir Agregat (gram)	Kadar Lumpur (%)	Kadar Lumpur Rata-rata (%)
I	500	490	2,00	3,00
II	500	488	4,00	

(Sumber: Hasil Analisa Eksperimen Laboratorium, 2023)

Dilihat dari hasil Uji Kadar Lumpur pada Agregat Halus menunjukkan Nilai Kadar Lumpur masing-masing percobaan yaitu 2 ml dan 4 ml dengan Nilai rata-rata sebesar 3 %.

4.1.1.3. Analisa Saringan

Data Pengujian Analisa Saringan pada Agregat Halus dijelaskan pada Tabel 4.5:

Tabel 4.5 Data Penyaringan Agregat Halus

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Cawan (mm)	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

(Sumber: Data Eksperimen Laboratorium, 2023)

Perhitungan Analisa Saringan pada Agregat Halus menggunakan Persamaan (4.5) berikut:

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

Keterangan:

a = Berat agregat semula

b = Berat agregat setelah disaring

Berat Agregat semula = 1000 g

Berat Agregat setelah disaring = 955 g

$$\begin{aligned} \text{Berat Kehilangan} &= \frac{a-b}{a} \times 100 \% \\ &= \frac{1000-955}{1000} \times 100 \% \\ &= 4,5 \% \end{aligned}$$

a. Persentase agregat tertinggal = $\frac{c}{\sum c} \times 100 \%$

1. Tertahan kumulatif ϕ 9,5 = $\frac{0}{955} \times 100\% = 0 \%$
2. Tertahan kumulatif ϕ 4,75 = $\frac{15}{955} \times 100\% = 1,57 \%$
3. Tertahan kumulatif ϕ 2,36 = $\frac{95}{955} \times 100\% = 9,95 \%$
4. Tertahan kumulatif ϕ 2 = $\frac{70}{955} \times 100\% = 7,33 \%$
5. Tertahan kumulatif ϕ 0,6 = $\frac{460}{955} \times 100\% = 48,17 \%$
6. Tertahan kumulatif ϕ 0,15 = $\frac{280}{955} \times 100\% = 29,32 \%$
7. Tertahan kumulatif ϕ 0,075 = $\frac{35}{955} \times 100\% = 3,66 \%$

b. Kumulatif 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 % - kumulatif 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 %

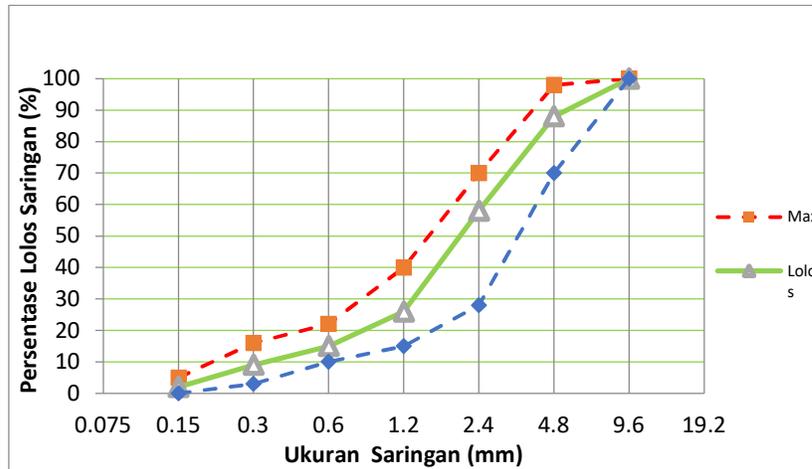
Dari hasil perhitungan Analisa Saringan pada Agregat Halus dijelaskan dalam Tabel 4.6 di bawah ini:

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus

No.	Ukuran saringan (mm)	Berat Agregat (g)	Persentase Agregat Tertinggal (%)	Kumulatif 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	1,75	98,43	95	100
3.	2,36	95	9,95	15,52	88,48	80	100
4.	2	70	7,33	24,90	81,15	50	85
5.	0,6	460	48,15	57,02	32,98	52	60
6.	0,15	280	29,32	87,50	3,66	0	10
7.	0,075	35	3,66	100	0	-	-
Jumlah		955	99,98	295,30	404,70	-	-

(Sumber: Hasil Analisa Eksperimen Laboratorium, 2023)

Dari perhitungan Analisa Saringan pada Agregat Halus didapatkan hasil pada Gambar 4.1 di bawah ini:



Gambar 4.1 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus

(Sumber: Hasil Analisa Eksperimen Laboratorium, 2023)

Pada Gambar 4.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan menunjukkan bahwa Agregat Halus masuk dalam Spesifikasi Agregat Halus sehingga dapat digunakan untuk pembuatan Benda Uji Beton.

4.1.2. Agregat Kasar

4.1.2.1. Kadar Air

Data Pengujian Kadar Air pada Agregat Kasar dijelaskan dalam Tabel 4.7:

Tabel 4.7 Data Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Percobaan	Berat Cawan (gram)	Berat Cawan + Agregat Sebelum Dioven (gram)	Berat Cawan + Agregat Setelah Dioven (gram)
I	73,80	573,80	562,90
II	73,80	573,80	563,30

(Sumber: Hasil Eksperimen Laboratorium, 2023)

Pengujian Kadar Air pada Agregat Kasar dilakukan dengan menggunakan dua sampel percobaan dengan masing-masing percobaan menggunakan Agregat Kasar seberat 500 gram. Perhitungan Pengujian Kadar Air menggunakan Persamaan (4.6) dan Kadar Air Rata-rata menggunakan Persamaan (4.7):

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

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

Keterangan:

a = Berat cawan (gram)

b = Berat cawan + agregat sebelum dioven (gram)

c = Berat cawan + agregat setelah dioven (gram)

Perhitungan Kadar Air pada Agregat Kasar dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

Percobaan I

- Berat cawan $(a) = 73,8 \text{ g}$
- Berat cawan + agregat sebelum dioven $(b) = 573,8 \text{ g}$
- Berat cawan + agregat setelah dioven $(c) = 562,9 \text{ g}$
- Kadar Air (%) $= \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$
 $= \frac{573,8-562,9}{562,9-73,8} \times 100\%$
 $= 2\%$

Percobaan II

- Berat cawan $(a) = 73,8 \text{ g}$
- Berat cawan + agregat sebelum dioven $(b) = 573,8 \text{ g}$
- Berat cawan + agregat sesudah dioven $(c) = 563,3 \text{ g}$
- Kadar Air (%) $= \frac{b-c}{c-a} \times 100\%$
 $= \frac{573,8-563,3}{563,3-73,8} \times 100\%$
 $= 2\%$

Kadar Air rata-rata

- Kadar Air I $= 2\%$
- Kadar Air II $= 2\%$
- Kadar Air Rata-rata $= \frac{\text{Kadar Air I} + \text{Kadar Air II}}{2} (\%)$
 $= \frac{2+2}{2} (\%)$
 $= 2\%$

Hasil Pengujian Kadar Air pada Agregat Kasar dapat dilihat pada Tabel 4.8 di bawah ini:

Tabel 4.8 Hasil Pengujian 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	73,80	573,80	562,90	2	2
II	73,80	573,80	563,30	2	

(Sumber: Hasil Analisa Eksperimen Laboratorium, 2023)

Dari hasil Pengujian Kadar Air pada Agregat Kasar dapat dilihat bahwa terjadi penurunan berat sampel Agregat Kasar dengan Nilai Kadar Air Rata-rata sebesar 2%.

4.1.2.2. *Kadar Lumpur*

Data Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Kasar dapat dilihat pada Tabel 4.9 di bawah ini:

Tabel 4.9 Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Percobaan	Berat Cawan (gram)	Berat Cawan + Agregat Sebelum Dicuci (gram)	Berat Cawan + Agregat Setelah Dicuci (gram)
I	45	275	270
II	45	260	255

(Sumber: Hasil Eksperimen Laboratorium, 2023)

Pengujian Kadar Lumpur dilakukan menggunakan dua sampel percobaan dengan sampel percobaan I sebesar 275 gram dan sampel percobaan II sebesar 260 gram. Perhitungan Kadar Lumpur pada Agregat Kasar ditunjukkan pada Persamaan (4.8) dan Kadar Lumpur rata-rata memakai Persamaan (4.9):

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \dots\dots\dots(4.8)$$

$$\text{Kadar Lumpur Rata-rata} = \frac{\text{Kadar Lumpur I} + \text{Kadar Lumpur II}}{2} (\%) \dots\dots\dots(4.9)$$

Perhitungan Kadar Lumpur pada Agregat Kasar dijelaskan dibawah ini:

Percobaan I

- $W_1 = 275$ ml
- $W_2 = 270$ ml

$$\begin{aligned}
 \text{- Kadar Lumpur} &= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \\
 &= \frac{275 - 2}{275} \times 100\% \\
 &= 1,80\%
 \end{aligned}$$

Percobaan II

$$\begin{aligned}
 \text{- } W_1 &= 260 \text{ ml} \\
 \text{- } W_2 &= 255 \text{ ml} \\
 \text{- Kadar Lumpur} &= \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \\
 &= \frac{260 - 255}{260} \times 100\% \\
 &= 1,90\%
 \end{aligned}$$

Kadar Lumpur rata-rata

$$\begin{aligned}
 \text{- Kadar Lumpur I} &= 1,80\% \\
 \text{- Kadar Lumpur II} &= 1,90\% \\
 \text{- Kadar Lumpur rata-rata} &= \frac{\text{Kadar Lumpur I} + \text{Kadar Lumpur II}}{2} (\%) \\
 &= \frac{1,8 + 1,9}{2} (\%) \\
 &= 1,85\%
 \end{aligned}$$

Hasil Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Kasar dapat dilihat dalam Tabel 4.10 di bawah ini:

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar

Percobaan	Berat Cawan (gram)	Berat Cawan + Agregat Sebelum Dicuci (gram)	Berat Cawan + Agregat Setelah Dicuci (gram)	Kadar Lumpur (%)	Kadar Lumpur Rata-rata (%)
I	45	275	270	1,80	1,85
II	45	260	255	1,90	

(Sumber: Hasil Analisa Eksperimen Laboratorium, 2023)

Dari Hasil Pengujian Kadar Lumpur pada Agregat Kasar terjadi penurunan berat sampel Agregat Kasar dengan Nilai Kadar Air Rata-rata sebesar 1,85 %.

4.1.2.3. Analisa Saringan

Data Pengujian Analisa Saringan pada Agregat Kasar dapat dilihat pada Tabel 4.11 di bawah ini:

Tabel 4.11 Data Penyaringan Agregat Kasar

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Cawan (mm)	Berat Cawan + Agregat (g)	Berat Agregat (g)
1.	25	45	55	10
2.	19	45	375	330
3.	12,5	45	450	405
Jumlah				745

(Sumber: Data Eksperimen Laboratorium, 2023)

Perhitungan Analisa Saringan pada Agregat Kasar menggunakan Persamaan (4.10) berikut:

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

Keterangan:

a = Berat agregat semula

b = Berat agregat setelah disaring

$$\text{Berat agregat semula} = 1000 \text{ g}$$

$$\text{Berat agregat setelah disaring} = 745 \text{ g}$$

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

a. Persentase agregat tertinggal $= \frac{c}{\Sigma c} \times 100 \%$

1. Tertahan kumulatif ϕ 25 $= \frac{10}{745} \times 100\% = 1,34 \%$

2. Tertahan kumulatif ϕ 19 $= \frac{330}{745} \times 100\% = 44,30 \%$

3. Tertahan kumulatif ϕ 12,5 $= \frac{405}{745} \times 100\% = 54,36 \%$

b. Kumulatif agregat tertinggal

1. Lolos saringan ϕ 25 $= (0 + 1,34) \% = 1,34 \%$

2. Lolos saringan ϕ 19 = $(1,34 + 44,30) \% = 45,64 \%$
 3. Lolos saringan ϕ 12,5 = $(45,64 + 54,36) \% = 100 \%$
- c. Persentase Finer (f) = $100 \% - \text{kumulatif agregat tertinggal}$
1. Saringan ϕ 25 = $100 \% - 1,34 \% = 98,66 \%$
 2. Saringan ϕ 19 = $100 \% - 45,30 \% = 54,70 \%$
 3. Saringan ϕ 12,5 = $100 \% - 100 \% = 0 \%$

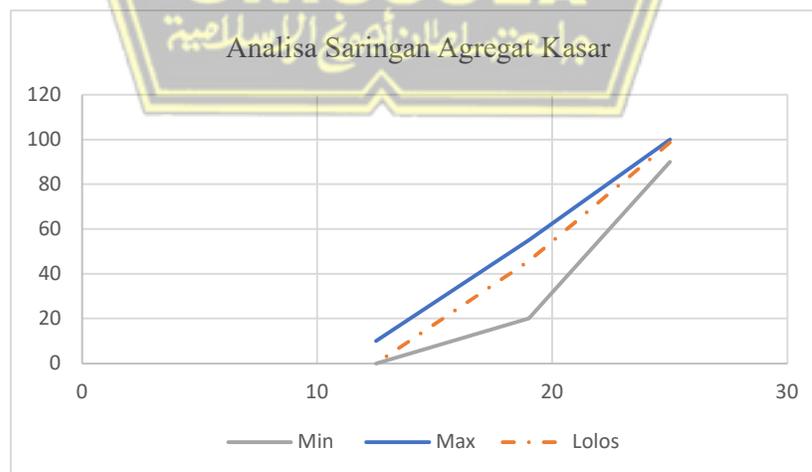
Dari Hasil Perhitungan Analisa Saringan pada Agregat Kasar dapat dilihat dalam Tabel 4.12 di bawah ini:

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Analisa Saringan Agregat Halus

No.	Ukuran Saringan (mm)	Berat Agregat (g)	Persentase Agregat Tertinggal (%)	Kumulatif Sggregat Tertinggal (%)	Persentase Finer (%)	Spesifikasi Kadar Teknis	
						Min	Max
1.	25	10	1,34	1,34	98,66	90	100
2.	19	330	40,30	45,30	45,70	20	55
3.	12,5	405	54,36	100	0	0	10
Jumlah		745	100	146,64	153,36	-	-

(Sumber: Hasil Analisa Eksperimen Laboratorium, 2023)

Dari Perhitungan Analisa Saringan pada Agregat Kasar didapatkan hasil pada Gambar 4.2 di bawah ini:



Gambar 4.2 Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar

(Sumber: Hasil Analisa Eksperimen Laboratorium, 2023)

Pada Gambar 4.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan menunjukkan bahwa Agregat Kasar masuk dalam Spesifikasi Agregat Kasar sehingga dapat digunakan untuk pembuatan Benda Uji Beton.

4.2. Hasil *Slump Test*

Slump Test dilakukan pada seluruh sampel benda uji beton yang akan dicetak. Nilai *Slump Test* pada Penelitian Tugas Akhir ini ditetapkan sebesar 30-70 mm. Hasil *Slump Test* dapat dilihat dalam Tabel 4.13 di bawah ini:

Tabel 4.13 Hasil *Slump Test*

Sampel		Nilai <i>Slump Test</i> (mm)
Komposisi	Persentase <i>Fly Ash</i>	
Normal	-	57
Variasi 1	10%	69
Variasi 2	30%	59
Variasi 3	50%	58

(Sumber: Hasil Eksperimen Laboratorium, 2023)

Dari hasil Nilai *Slump Test* diatas dapat dilihat bahwa Nilai *Slump Test* pada setiap komposisi masuk kedalam nilai yang telah direncanakan.

4.3. Kuat Tekan Beton

Pengujian Kuat Tekan dilakukan pada setiap sampel benda uji yang telah melalui proses perawatan benda uji.

4.3.1. Kuat Tekan Beton Umur 3 Hari

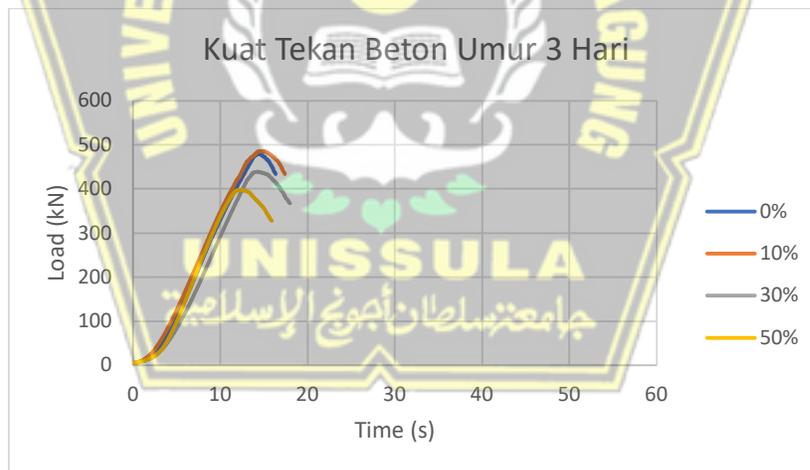
Data Hasil Pengujian Kuat Tekan beton umur 3 hari dapat dilihat pada tabel 4.14 di bawah ini:

Tabel 4.14 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 3

No.	Tanggal		Umur (hari)	Berat (kg)	Gaya Tekan (P) (kN)	Tekan Aktual Silinder (kg/cm ²)	Persentase (%)
	Pembuatan	Pengujian					
1	16-11-2023	19-11-2023	3	12,67	479	276,62	92,21
2	20-11-2023	23-11-2023	3	12,62	486	280,66	93,55
3	21-11-2023	24-11-2023	3	13,20	439	253,37	84,46
4	21-11-2023	24-11-2023	3	12,92	398	229,80	76,60

(Sumber: Hasil Analisa Eksperimen Laboratorium, 2023)

Tabel 4.14 menunjukkan Nilai Kuat Tekan Beton Umur 3 Hari. Dari Data Hasil Pengujian Kuat Tekan tersebut dilakukan pembacaan Grafik Kuat Tekan yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 3 Hari

(Sumber: Hasil Analisa Eksperimen Laboratorium, 2023)

Pada Gambar 4.3 menunjukkan Hasil Kuat Tekan Beton *Fast Track* umur 3 hari. Nilai Kuat Tekan Beton *Fast Track* Variasi I (*Fly Ash* 0%) sebesar 479 kN (276,62 kg/cm²), Variasi II (*Fly Ash* 10%) sebesar 486 kN (280,66 kg/cm²), Variasi III (*Fly Ash* 30%) sebesar 439 kN (253,37 kg/cm²), Variasi IV (*Fly Ash* 50%) sebesar 398 kN (229,80 kg/cm²). Nilai Kuat Tekan tertinggi diperoleh pada Beton Variasi II

(Fly Ash 10%) dan Nilai Kuat Tekan terendah diperoleh pada Beton Variasi IV (Fly Ash 50%).

4.3.2. Kuat Tekan Beton Fast Track Umur 5 Hari

Data Hasil Pengujian Kuat Tekan beton umur 5 hari dapat dilihat pada tabel 4.15 di bawah ini:

Tabel 4.15 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 5 Hari

No.	Tanggal		Umur (hari)	Berat (kg)	Gaya Tekan (P) (kN)	Tekan Aktual Silinder (kg/cm ²)	Persentase (%)
	Pembuatan	Pengujian					
1	16-11-2023	21-11-2023	5	13,27	525	303,19	101,06
2	20-11-2023	25-11-2023	5	12,34	531	306,65	102,20
3	21-11-2023	26-11-2023	5	12,63	508	293,37	97,79
4	21-11-2023	26-11-2023	5	12,80	456	263,34	87,78

(Sumber: Hasil Analisa Eksperimen Laboratorium, 2023)

Tabel 4.14 menunjukkan Nilai Kuat Tekan Beton Umur 5 Hari. Dari Data Hasil Pengujian Kuat Tekan tersebut dilakukan pembacaan Grafik Kuat Tekan yang dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 5 Hari

(Sumber: Hasil Analisa Eksperimen Laboratorium, 2023)

Pada Gambar 4.4 menunjukkan Hasil Kuat Tekan Beton *Fast Track* umur 5 hari. Nilai Kuat Tekan Beton *Fast Track* Variasi I (*Fly Ash* 0%) sebesar 525 kN (303,19 kg/cm²), Variasi II (*Fly Ash* 10%) sebesar 531 kN (306,65 kg/cm²), Variasi III (*Fly Ash* 30%) sebesar 508 kN (293,37 kg/cm²), Variasi IV (*Fly Ash* 50%) sebesar 456 kN (263,34 kg/cm²). Nilai Kuat Tekan tertinggi diperoleh pada Beton Variasi II (*Fly Ash* 10%) dan Nilai Kuat Tekan terendah diperoleh pada Beton Variasi IV (*Fly Ash* 50%).

4.3.3. Kuat Tekan Beton *Fast Track* Umur 7 Hari

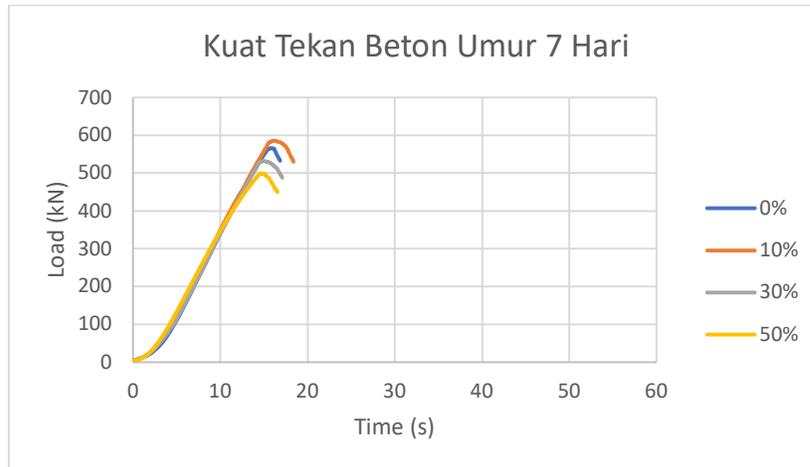
Data hasil pengujian Kuat Tekan beton umur 7 hari dapat dilihat pada tabel 4.16 di bawah ini:

Tabel 4.16 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

No.	Tanggal		Umur (hari)	Berat (kg)	Gaya Tekan (P) (kN)	Tekan Aktual Silinder (kg/cm ²)	Persentase (%)	Konversi 28 Hari
	Pembuatan	Pengujian						
1	16-11-2023	23-11-2023	7	12,52	566	326,86	108,95	870,77
2	20-11-2023	27-11-2023	7	13,01	586	338,41	112,80	901,54
3	21-11-2023	28-11-2023	7	12,81	532	307,23	102,41	818,46
4	21-11-2023	28-11-2023	7	12,37	500	288,75	96,25	769,23

(Sumber: Hasil Eksperimen Laboratorium, 2023)

Tabel 4.16 menunjukkan Nilai Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari. Dari Data Hasil Pengujian Kuat Tekan tersebut dilakukan pembacaan Grafik Kuat Tekan yang dapat dilihat pada Gambar 4.5.

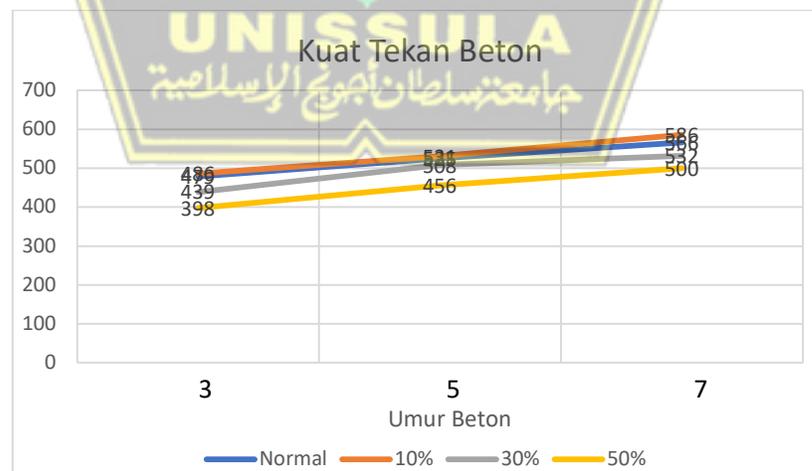


Gambar 4.5 Grafik Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

(Sumber: Hasil Analisa Eksperimen Laboratorium, 2023)

Pada Gambar 4.5 menunjukkan Hasil Kuat Tekan Beton *Fast Track* umur 7 hari. Nilai Kuat Tekan Beton *Fast Track* Variasi I (*Fly Ash* 0%) sebesar 566 kN (326,86 kg/cm²), Variasi II (*Fly Ash* 10%) sebesar 586 kN (338,41 kg/cm²), Variasi III (*Fly Ash* 30%) sebesar 532 kN (307,23 kg/cm²), Variasi IV (*Fly Ash* 50%) sebesar 500 kN (288,75 kg/cm²). Nilai Kuat Tekan tertinggi diperoleh pada Beton Variasi II (*Fly Ash* 10%) dan Nilai Kuat Tekan terendah diperoleh pada Beton Variasi IV (*Fly Ash* 50%).

Perbandingan Nilai Kuat Tekan pada Beton Variasi dapat dilihat dalam Gambar 4.6 di bawah ini:



Gambar 4.6 Grafik Nilai Kuat Tekan Beton dengan Kadar *Fly Ash* Bervariasi

(Sumber: Hasil Analisa Eksperimen Laboratorium, 2023)

Pada Gambar 4.6 diketahui bahwa Kuat Tekan Beton diumur 7 hari lebih tinggi dibanding beton umur 3 dan 5 hari. Penggunaan *Fly Ash* juga berpengaruh pada Nilai Kuat Tekan pada beton. Dalam penelitian ini Nilai Kuat Tekan Optimum didapat pada variasi beton dengan penambahan *Fly Ash* 10% pada beton umur 7 hari dan Nilai Kuat Tekan terendah didapat pada variasi beton dengan penambahan *Fly Ash* 50% pada beton umur 3 hari.

4.4. Kuat Lentur Beton

Pengujian Kuat Lentur dilakukan pada setiap sampel benda uji yang telah melalui proses perawatan benda uji.

4.4.1. Kuat Lentur Beton Umur 3 Hari

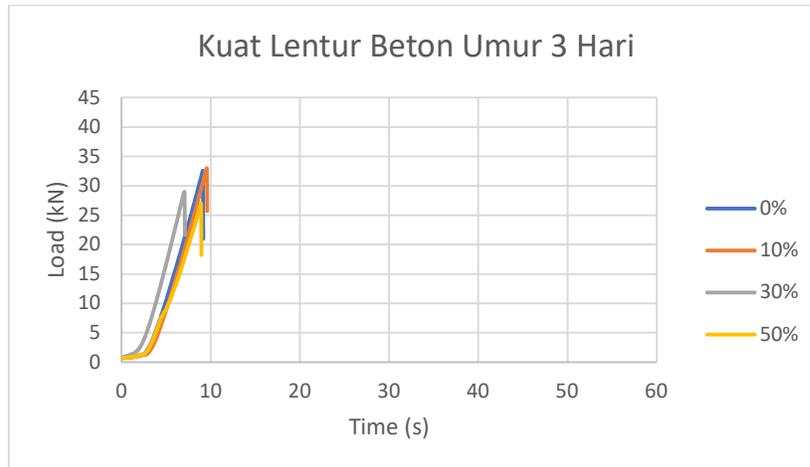
Data Hasil Pengujian Kuat Lentur beton umur 3 hari dapat dilihat pada tabel 4.17 di bawah ini:

Tabel 4.17 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Umur 3 Hari

No.	Tanggal		Umur (hari)	Berat (kg)	Gaya Tekan (P) (kN)	Tekan Aktual Balok (kg/cm ²)	Persentase (%)
	Pembuatan	Pengujian					
1	16-11-2023	19-11-2023	3	28,37	32,50	44,20	98,22
2	20-11-2023	23-11-2023	3	30,90	33,00	44,88	99,73
3	21-11-2023	24-11-2023	3	30,02	29,50	40,12	89,16
4	21-11-2023	24-11-2023	3	12,92	27,00	36,72	81,60

(Sumber: Hasil Eksperimen Laboratorium, 2023)

Tabel 4.17 menunjukkan Nilai Kuat Lentur Beton Umur 3 Hari. Dari Data Hasil Pengujian Kuat Lentur tersebut dilakukan pembacaan Grafik Kuat Lentur yang dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik Kuat Lentur Beton Umur 3 Hari

(Sumber: Hasil Analisa Eksperimen Laboratorium, 2023)

Pada Gambar 4.7 menunjukkan Hasil Kuat Lentur Beton *Fast Track* umur 3 hari. Nilai Kuat Lentur Beton *Fast Track* Variasi I (*Fly Ash* 0%) sebesar 32,50 kN (44,20 kg/cm²), Variasi II (*Fly Ash* 10%) sebesar 33,00 kN (44,88 kg/cm²), Variasi III (*Fly Ash* 30%) sebesar 29,50 kN (40,12 kg/cm²), Variasi IV (*Fly Ash* 50%) sebesar 27,00 kN (36,72 kg/cm²). Nilai Kuat Lentur tertinggi diperoleh pada Beton Variasi II (*Fly Ash* 10%) dan Nilai Kuat Lentur terendah diperoleh pada Beton Variasi IV (*Fly Ash* 50%).

4.4.2. Kuat Lentur Beton *Fast Track* Umur 5 Hari

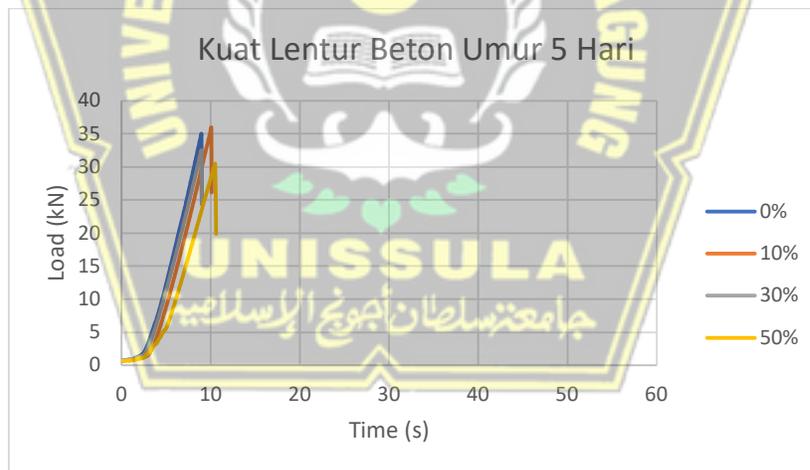
Data Hasil Pengujian Kuat Lentur beton umur 5 hari dapat dilihat pada tabel 4.18 di bawah ini:

Tabel 4.18 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Umur 5 Hari

No.	Tanggal		Umur (hari)	Berat (kg)	Gaya Tekan (P) (kN)	Tekan Aktual Balok (kg/cm ²)	Persentase (%)
	Pembuatan	Pengujian					
1	16-11-2023	21-11-2023	5	28,12	35,00	47,60	105,78
2	20-11-2023	25-11-2023	5	31,60	36,00	48,96	108,80
3	21-11-2023	26-11-2023	5	30,48	32,50	44,20	98,22
4	21-11-2023	26-11-2023	5	12,80	30,50	41,48	92,18

(Sumber: Hasil Eksperimen Laboratorium, 2023)

Tabel 4.18 menunjukkan Nilai Kuat Lentur Beton Umur 5 Hari. Dari Data Hasil Pengujian Kuat Lentur tersebut dilakukan pembacaan Grafik Kuat Lentur yang dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Grafik Kuat Lentur Beton Umur 5 Hari

(Sumber: Hasil Analisa Eksperimen Laboratorium, 2023)

Pada Gambar 4.8 menunjukkan Hasil Kuat Lentur Beton *Fast Track* umur 5 hari. Nilai Kuat Lentur Beton *Fast Track* Variasi I (*Fly Ash* 0%) sebesar 35,00 kN (47,60 kg/cm²), Variasi II (*Fly Ash* 10%) sebesar 36,00 kN (48,96 kg/cm²), Variasi III (*Fly Ash* 30%) sebesar 32,50 kN (44,20 kg/cm²), Variasi IV (*Fly Ash* 50%) sebesar 30,50 kN (41,48 kg/cm²). Nilai Kuat Lentur tertinggi diperoleh pada Beton Variasi II (*Fly*

Ash 10%) dan Nilai Kuat Lentur terendah diperoleh pada Beton Variasi IV (*Fly Ash* 50%).

4.4.3. Kuat Lentur Beton Fast Track Umur 7 Hari

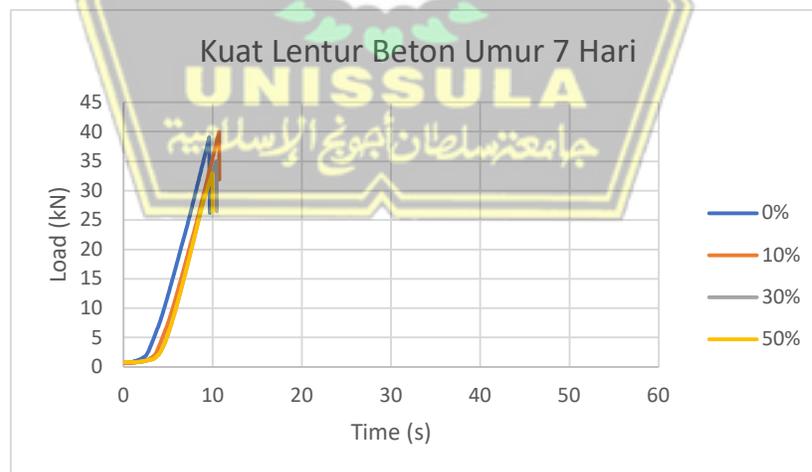
Data Hasil Pengujian Kuat Lentur beton umur 7 hari dapat dilihat pada tabel 4.19 di bawah ini:

Tabel 4.19 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Umur 7 Hari

No.	Tanggal		Umur (hari)	Berat (kg)	Gaya Tekan (P) (kN)	Tekan Aktual Balok (kg/cm ²)	Persentase (%)	Konversi 28 Hari
	Pembuatan	Pengujian						
1	16-11-2023	23-11-2023	7	30,57	39,00	53,04	117,78	60,00
2	20-11-2023	27-11-2023	7	30,78	40,00	54,40	120,89	61,54
3	21-11-2023	28-11-2023	7	30,11	35,00	47,60	105,78	53,84
4	21-11-2023	28-11-2023	7	12,37	33,00	44,88	99,73	50,77

(Sumber: Hasil Eksperimen Laboratorium, 2023)

Tabel 4.19 menunjukkan Nilai Kuat Lentur Beton Umur 7 Hari. Dari Data Hasil Pengujian Kuat Lentur tersebut dilakukan pembacaan Grafik Kuat Lentur yang dapat dilihat pada Gambar 4.9.



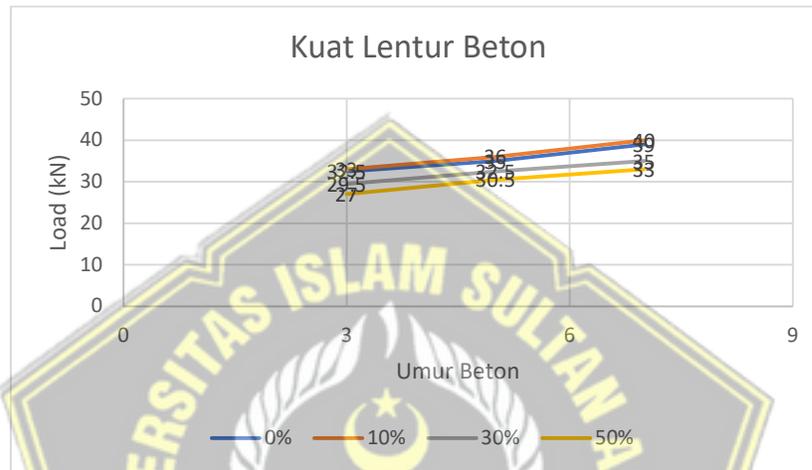
Gambar 4.9 Grafik Kuat Lentur Beton Umur 7 Hari

(Sumber: Hasil Analisa Eksperimen Laboratorium, 2023)

Pada Gambar 4.9 menunjukkan Hasil Kuat Lentur Beton *Fast Track* umur 7 hari. Nilai Kuat Lentur Beton *Fast Track* Variasi I (*Fly Ash* 0%) sebesar 39,00 kN (53,04

kg/cm²), Variasi II (*Fly Ash* 10%) sebesar 40,00 kN (54,40 kg/cm²), Variasi III (*Fly Ash* 30%) sebesar 35,00 kN (47,60 kg/cm²), Variasi IV (*Fly Ash* 50%) sebesar 33,00 kN (44,88 kg/cm²). Nilai Kuat Lentur tertinggi diperoleh pada Beton Variasi II (*Fly Ash* 10%) dan Nilai Kuat Lentur terendah diperoleh pada Beton Variasi IV (*Fly Ash* 50%).

Perbandingan Nilai Kuat Lentur pada Beton Variasi dapat dilihat dalam Gambar 4.10 di bawah ini:



Gambar 4.10 Grafik Nilai Kuat Lentur Beton dengan Kadar *Fly Ash* Bervariasi
(Sumber: Hasil Analisa Eksperimen Laboratorium, 2023)

Pada Gambar 4.10 diketahui bahwa Kuat Lentur Beton diumur 7 hari lebih tinggi dibanding beton umur 3 dan 5 hari. Sesuai dengan tujuan penggunaan Bahan Aditif *Retarder* Tipe D dan *Superplasticizer* Tipe F yaitu untuk mempercepat pengerasan pada beton. Penggunaan *Fly Ash* juga berpengaruh pada Nilai Kuat Tekan pada beton. Dalam penelitian ini Nilai Kuat Tekan Optimum didapat pada variasi beton dengan penambahan *Fly Ash* 10% pada beton umur 7 hari dan Nilai Kuat Tekan terendah didapat pada variasi beton dengan penambahan *Fly Ash* 50% pada beton umur 3 hari.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil dan perhitungan yang diuraikan pada sub bab diatas maka diperoleh:

1. Pengaruh *Fly Ash* sebagai material substitusi semen terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton *Fast Track* adalah semakin tinggi kandungan *Fly Ash* yang ditambahkan maka Nilai Kuat Tekan dan Kuat Lentur akan semakin menurun karena kadar *Fly Ash* yang terlalu banyak dalam mensubstitusi semen akan mengakibatkan reaksi antar bahan pengikat berkurang.
2. Kadar *Fly Ash* sebagai material substitusi semen pada penelitian ini yang menghasilkan Beton *Fast Track* dengan Nilai Kuat Tekan dan Kuat Lentur terbaik ada pada Beton *Fast Track* Variasi II (*Fly Ash* 10%) dengan hasil pengujian Kuat Tekan sebesar 338,41 kg/cm² dan Nilai Kuat Lentur sebesar 54,40 kg/cm² pada beton umur 7 hari.

5.2. Saran

Setelah dilakukan penelitian, perhitungan, analisis dan pembahasan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton *Fast Track*, penulis menyarankan beberapa hal:

1. Pada proses produksi beton sebaiknya adukan dipastikan tercampur secara homogen dan saat melakukan pemadatan pada beton harus dilakukan secara maksimal agar beton yang dihasilkan tidak keropos.
2. Perlu dilakukannya pengkajian lebih lanjut mengenai Beton *Fast Track* dengan variasi proporsi campuran yang lebih baik untuk memperoleh peningkatan mutu beton dan pengembangan Beton *Fast Track* di lingkup perkerasan jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, A. (2019). *Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
- Alfarosy, Riski Qory. (2018). *Analisa Pengurangan Jumlah Semen Dengan Penambahan Fly Ash Dan Aktivator Alkalin Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Beton Dengan Faktor Air Semen 0,30*. Jawa Timur: Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran.
- Amalia. (2011). *Studi Potensi Limbah Debu Pengolahan Baja (Dry Dust Collector) Sebagai Bahan Tambah Pada Beton*. In Januari, 10(1): 75-82.
- Dicky, Ramadhan., & Muhammad, F. (2022). *Analisa Kuat Tekan Self Compacting Concrete Dengan Penambahan Superplasticizer Type F Dan Retarder Type D Pada Metode Fast Track*. Semarang: Faktultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Djoko Setiyarto, Y., & Pradana, D. (2022). *Pengaruh Penggunaan Zat Epoxy Terhadap Kuat Tekan Beton Normal*. E-ISSN: 2775-4588, 3(1): 12–21.
- Fadillah, Yuda., Wibowo., & Sunarmasto. (2017). *Kajian Pengaruh Variasi Penambahan Bahan Accelerator Terhadap Parameter Beton Memadat Mandiri Dan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*. Surakarta: Jurusan Teknik Sipil Universitas Negara Sebelas Maret.
- Ferdiansyah, Muhaammad Andi Rizki., & Nurul Rochmah. (2022). *Pengaruh Penggunaan Fly Ash Pada Mutu Tinggi Terhadap Nilai Kuat Tekan*. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 6(2): 82-89.
- Hadori, Ahmad., Yudi, Pranoto., & Tommy, E. K. (2015). *Pengujian Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Fly Ash Dan Admixture Superplasticizer*. In *Jurnal Inersia*, 7(1).
- Haris, & Tahir, S. (2020). *Study Eksperimental Kuat Tekan Beton dengan Mensubstitusikan Limbah Batu Bata Pada Semen*. ISSN: 2581-1568 *Siimo Engineering*, 4(1): 39–51.

- Herdiansyah., & Ria Pangaribuan, M. (2013). *Pengaruh Batu Cadas (Batu Trass) Sebagai Bahan Pembentuk Beton Terhadap Kuat Tekan Beton*. In *Jurnal Inersia*, 5(2).
- Jayanegara, K. F., dkk. (2019). *Pengaruh Kuat Tekan Beton Menggunakan Fly Ash Dengan Bahan Tambah Superplasticizer*. Bogor: Fakultas Teknik Universitas Pakuan.
- Mu'minin, A., Amirul., & Umar. (2013). *Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Mutu Tinggi Dengan Variasi Ukuran Maksimum Agregat Kasar Slag Baja*. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Nurfitriani, N., Wibawa, T. P., & Amalia. (2019). *Kualitas Beton Normal Dengan Penambahan Retarder*. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, 1(1): 22-27.
- Pratama, F. H. (2021). *Pengaruh Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton K-225*. Riau: Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian.
- Putra, Daniel Mandala., & Darma Widjaja. (2015). *Hubungan Kuat Tarik Belah Dengan Kuat Tekan Beton Ringan*. In *Jurnal Inersia*, 4(2): 76-88.
- Rivai, M. A., & Kimi, S. (2019). *Inovasi Beton Ramah Lingkungan*.
- Simanjuntak, D. M. (2022). *Beton Mutu Tinggi Dengan Substitusi Fly Ash Pada Semen Dan Superplasticizer Sebagai Admixture Dan FAS 0,36 S/D 0,40*. 1-11.
- Simatupang, T. (2023). *Serbuk Besi Sebagai Bahan Tambah Campuran Beton*.
- Suhardi, R. F., Firdaus, & Kasmuri, M. (2019). *Pengaruh Penambahan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Mortar Beton Geopolimer*. 52-58.
- Tarisa, E., Olivia, M., & Kamaldi, A. (2016). *Durabilitas Beton Bubuk Kulit Kerang Di Lingkungan Air Laut*. In *Jom FTEKNIK*, 3(2).
- Wikana, I., & Wantutrianus, Z. (2014). *Pengaruh Pemakaian Fly Ash Dan Abu Batu Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*.
- Windayati, H. D., & Hadi, D. W. (2023). *Analisa Campuran Green Material Sebagai Alternatif Pembuatan Bata Ringan Untuk Pekerjaan Dinding*. *E-Jurnal ITN*, 12(1), 1-10.

Yuwono, A. C. (2020). *Pemanfaatan Limbah Granit dan Fly Ash Dalam Penerapan Beton Mutu Tinggi Dengan Minim Semen Yang Ramah Lingkungan dan Ekonomis*. 6–30.

