



**ANALISA PENGARUH VARIASI KADAR LUMPUR DAN *FLY ASH*
TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR CAMPURAN BETON
DENGAN METODE PERBANDINGAN 1PC:2PS:3KR**

SKRIPSI

MAULIDA KUSUMAWATI NPM 17640024

AHMAD ALFARIDZI NPM 17640042

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG**

2022



**ANALISA PENGARUH VARIASI KADAR LUMPUR DAN *FLY ASH*
TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR CAMPURAN BETON
DENGAN METODE PERBANDINGAN 1PC:2PS:3KR**

SKRIPSI

**Diajukan kepada Fakultas Teknik dan Informatika
Universitas PGRI Semarang untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

MAULIDA KUSUMAWATI NPM 17640024

AHMAD ALFARIDZI NPM 17640042

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG**

2022

HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI

ANALISA PENGARUH VARIASI KADAR LUMPUR DAN *FLY ASH*
TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR CAMPURAN BETON
DENGAN METODE PERBANDINGAN 1PC:2PS:3KR

Disusun dan diajukan oleh

MAULIDA KUSUMAWATI NPM 17640024
AHMAD ALFARIDZI NPM 17640042

Telah disetujui oleh pembimbing untuk dilanjutkan
dihadapan dewan penguji

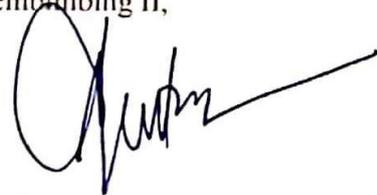
Semarang, 7 Maret 2022

Pembimbing I,



Agung Kristiawan, S.T., M.T.
NIDN.0605037001

Pembimbing II,



Slamet Budirahardjo, S.T., M.T.
NIDN.0616127101

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**ANALISA PENGARUH VARIASI KADAR LUMPUR DAN *FLY ASH*
TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR CAMPURAN BETON
DENGAN METODE PERBANDINGAN 1PC:2PS:3KR**

Disusun dan diajukan oleh

MAULIDA KUSUMAWATI NPM 17640024

AHMAD ALFARIDZI NPM 17640042

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 10 Maret 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji



Sekretaris,



Agung Kristiawan, S.T., M.T.
NIDN.0605037001

Penguji I,



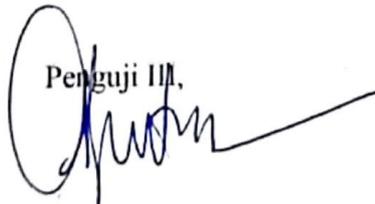
Dr. Putri Anggi P S, S.T., M.T.
NIDN. 0025028204

Penguji II,



Agung Kristiawan, S.T., M.T.
NIDN. 0605037001

Penguji III,



Slamet Budirahardjo, S.T., M.T.
NIDN. 0616127101

MOTO DAN PERSEMBAHAN

Moto:

1. “Man Jadda Wajada” Barangsiapa yang bersungguh-sungguh, maka ia akan mendapatkannya.
2. Barang siapa yang bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhan tersebut untuk kebaikan dirinya sendiri (QS. Al-Ankabut : 6).
3. Terkadang, kesulitan harus kamu rasakan terlebih dulu sebelum kebahagiaan yang sempurna datang kepadamu (R.A. Kartini).
4. Optimisme merupakan kepercayaan yang menuju pencapaian. Tidak ada yang bisa dilakukan tanpa adanya harapan dan keyakinan (Hellen Keller).
5. Tidak masalah jika kamu berjalan dengan lambat, asalkan kamu tidak pernah berhenti berusaha (Confusius)

Persembahan:

Kupersembahkan skripsi ini untuk:

1. Ayah dan Ibu kami tercinta.
2. Kakak, adik dan keluarga tercinta yang selalu memberi dukungan kepadaku.
3. Teman-teman Teknik Sipil angkatan 2017.
4. Dosen-dosen Teknik Sipil Universitas PGRI Semarang.
5. Bapak Agung Kristiawan,S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Slamet Budirahardjo,S.T.,M.T selaku dosen pembimbing 2 skripsi kami.
6. Almamaterku Universitas PGRI Semarang.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Maulida Kusumawati
NPM : 17640024
Prodi : Teknik Sipil
Fakultas : Fakultas Teknik dan Informatika

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya buat ini benar-benar merupakan hasil karya kami, bukan plagiarisme.

Apabila pada kemudian hari skripsi ini terbukti hasil plagiarisme, kami bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Semarang, 10 Maret 2022

Yang membuat pernyataan



Maulida Kusumawati
NPM.17640024

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ahmad Alfaridzi
NPM : 17640042
Prodi : Teknik Sipil
Fakultas : Fakultas Teknik dan Informatika

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya buat ini benar-benar merupakan hasil karya kami, bukan plagiarisme.

Apabila pada kemudian hari skripsi ini terbukti hasil plagiarisme, kami bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Semarang, 10 Maret 2022

Yang membuat pernyataan



Ahmad Alfaridzi
NPM.17640042

ABSTRAK

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh dari kadar lumpur dan *fly ash* yang terkandung dalam agregat terhadap nilai kuat tekan dan tarik beton. Lumpur merupakan bahan plastis yang dapat merusak proses pengikatan beton kandungan lumpur yang terlalu banyak pada agregat dapat mengurangi daya lekat antar agregat, sebaliknya *fly ash* merupakan bahan yang mempunyai sifat pozzolanic, hal ini yang membuat adanya peningkatan kualitas dan durabilitas pada beton.

Lumpur yang digunakan berasal dari Desa Botosengon, Kabupaten Demak, Jawa Tengah. Pengujian beton dilakukan pada umur 14 dan 21 hari. Metode yang digunakan dalam pembuatan beton yaitu metode perbandingan 1PC:2PS:3KR dengan FAS 0,6.

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa semakin tinggi penambahan lumpur maka kuat tekan maupun kuat lentur semakin menurun, tapi pada kadar lumpur 2,5% beton tidak mengalami penurunan kualitas akan tetapi cenderung meningkat, hal ini terjadi karena adanya penambahan *fly ash* sebesar 10% dan 20% pada bagian semen, pada umur 14 hari di dapatkan nilai kuat tekan sebesar 17,78 Mpa dengan penambahan *fly ash* 10% dan 20,36 Mpa dengan penambahan *fly ash* 20% sedangkan pada umur 21 hari didapat nilai kuat tekan sebesar 18,76 Mpa pada penambahan *fly ash* 10% dan 21,53 Mpa dengan penambahan *fly ash* 20%. Jadi dapat disimpulkan bahwa kandungan lumpur 2,5% merupakan batas toleransi akan tetapi harus ada penambahan *fly ash* 10% atau 20% pada bagian semen.

Kata Kunci : *Lumpur Demak, Fly Ash, Kuat Tekan Beton, Kuat Lentur Beton, Bahan Tambah*

ABSTRACT

This research was conducted to determine the effect of the content of mud and fly ash contained in the aggregate on the compressive and tensile strength of concrete. Mud is a plastic material that can damage the concrete binding process, too much mud content in the aggregate can reduce the adhesion between aggregates, on the other hand fly ash is a material that has pozzolanic properties, this makes an increase in the quality and durability of the concrete.

The mud used came from Botosengon Village, Demak Regency, Central Java. Concrete testing was carried out at the age of 14 and 21 days. The method used in the manufacture of concrete is the ratio 1PC:2PS:3KR with FAS 0.6.

From the test results, it was found that the higher the addition of mud, the compressive strength and tensile strength decreased, but at 2.5% mud content the concrete did not experience a decrease in quality but tended to increase, this was due to the addition of 10% and 20% fly ash. in the cement section, at the age of 14 days the compressive strength value was 17.78 Mpa with the addition of 10% fly ash and 20.36 Mpa with the addition of 20% fly ash, while at the age of 21 days the compressive strength value was 18.76 Mpa at the addition of 10% fly ash and 21.53 MPa with the addition of 20% fly ash. So it can be concluded that the mud content of 2.5% is the tolerance limit but there must be the addition of 10% or 20% fly ash in the cement section.

Keywords: *Demak Mud, Fly Ash, Compressive Strength of Concrete, Tensile Strength of Concrete, Additives.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat, karunia, taufik dan hidayah-Nya kami dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Analisa Pengaruh Variasi Kadar Lumpur dan *Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Campuran Beton dengan Metode Perbandingan 1PC:2PS:3KR”. Skripsi ini dibuat dan diajukan unntuk memenuhi syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang.

Dalam penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah memberikan bimbingan, bantuan, nasihat dan dorongan serta saran-saran kepada kami. Oleh karena itu, kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Muhdi, S.H.,M.Hum. selaku Rektor Universitas PGRI Semarang.
2. Bapak Drs. Slamet Supriyadi, M.Env.St. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Informatika Universitas PGRI Semarang.
3. Bapak Agung Kristiawan, S.T.,M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas PGRI Semarang.
4. Bapak Agung Kristiawan, S.T.,M.T. selaku Pembimbing I yang telah membimbing dan mengarahkan kami dalam penulisan skripsi.
5. Bapak Slamet Budirahardjo, S.T.,M.T. selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan gagasan demi kesempurnaan skripsi.
6. Seluruh Dosen Pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas PGRI Semarang.
7. Ayah dan Ibu kami yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada kami dalam penyusunan skripsi.
8. Teman-teman Mahasiswa Teknik Sipil Universitas PGRI Semarang angkatan 2017.
9. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu kami dalam pembuatan dan penyusunan skripsi.

Kami menyadari bahwa pembuatan dan penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan jauh dari kata sempurna, oleh karena itu segala kritik dan saran kami harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata besar harapan kami agar skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada kami serta bagi pembaca.

Semarang, 10 Maret 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
MOTO DAN PERSEMBAHAN	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
DAFTAR NOTASI	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	2
1.4 Perumusan Masalah.....	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Penelitian Terdahulu.....	7
2.3 Landasan Teori	8
2.4 Kerangka Pikir	24
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 Pendekatan Penelitian.....	27
3.2 Lokasi Penelitian	27
3.3 Populasi dan Sampel.....	27

3.4	Variabel Penelitian	28
3.5	Desain Penelitian	28
3.6	Proses Eksperimen.....	30
3.7	Teknik Pengumpulan Data	54
3.8	Teknik Analisis Data	54
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		56
4.1	Hasil Penelitian.....	56
4.1.1	Pengujian Agregat Halus.....	58
4.1.2	Pengujian Agregat Kasar.....	61
4.1.3	Pengujian Semen.....	65
4.1.4	Pengujian <i>Fly Ash</i>	66
4.1.5	Penyusunan Campuran Beton	67
4.1.6	Pengujian <i>Slump</i>	69
4.1.7	Pengujian Berat Isi Beton Segar	70
4.1.8	Pengujian Berat Isi Beton Kering	71
4.1.9	Pengujian Kuat Tekan	72
4.1.10	Pengujian Kuat Lentur	76
4.2	Hasil Pembahasan.....	77
4.2.1	Pembahasan Hasil Pengujian Agregat Halus	78
4.2.2	Pembahasan Hasil Pengujian Agregat Kasar	81
4.2.3	Pembahasan Hasil Pengujian Semen	83
4.2.4	Pembahasan Hasil Pengujian <i>Fly Ash</i>	83
4.2.5	Pembahasan Penyusunan Campuran Beton	84
4.2.6	Pembahasan Pengujian <i>Slump</i>	84
4.2.7	Pembahasan Berat Isi Beton Segar	85
4.2.8	Pembahasan Pengujian Berat Isi Beton Kering	86
4.2.9	Pembahasan Kuat Tekan Beton	87
4.2.10	Pembahasan Kuat Lentur Beton.....	90
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		94
5.1	Kesimpulan.....	94
5.2	Saran	95

DAFTAR PUSTAKA	96
LAMPIRAN.....	99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Agregat Kasar.....	14
Gambar 2. 2 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton	19
Gambar 2. 3 Sketsa Pengujian Kuat lentur Beton.....	20
Gambar 2. 4 Tanah Lumpur	24
Gambar 2. 5 Bagan Alur Penelitian	26
Gambar 3. 1 Agregat Halus.....	45
Gambar 3. 2 Agregat Halus.....	45
Gambar 3. 3 Agregat Kasar.....	45
Gambar 3. 4 Agregat Kasar.....	45
Gambar 3. 5 Satu Bagian Semen.....	45
Gambar 3. 6 Dua Bagian Agregat Halus.....	46
Gambar 3. 7 Tiga Bagian Agregat Kasar	46
Gambar 3. 8 Penuangan Beton Segar kedalam Talang.....	47
Gambar 3. 9 Proses Memasukkan Beton Segar kedalam Cetakan.....	47
Gambar 4. 1 Pengujian Gradasi	59
Gambar 4. 2 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus	60
Gambar 4. 3 Pengujian Berat Isi Agregat Halus	61
Gambar 4. 4 Penggorengan Agregat Kasar Sebelum Pengujian Gradasi	62
Gambar 4. 5 Penimbangan Agregat Kasar dalam Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan.....	63
Gambar 4. 6 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar	65
Gambar 4. 7 Pengujian Berat Isi Semen	66
Gambar 4. 8 Pengujian Berat Isi <i>Fly Ash</i>	67
Gambar 4. 9 Persiapan Bahan Penyusun Beton	69
Gambar 4. 10 Persiapan Alat untuk Penyusunan Beton	69
Gambar 4. 11 Uji <i>Slump</i> Beton Normal	70
Gambar 4. 12 Uji <i>Slump</i> Beton Campuran 10% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	70
Gambar 4. 13 Penimbangan Cetakan sebelum Pengujian Berat Isi Beton Segar .	71
Gambar 4. 14 Pengujian Berat Isi Beton Kering.....	72

Gambar 4. 15 Sampel Silinder Umur 14 Hari.....	75
Gambar 4. 16 Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran 20% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur.....	75
Gambar 4. 17 Sampel Beton setelah Pengujian Kuat Tekan	75
Gambar 4. 18 Pengujian Kuat Lentur Beton	77
Gambar 4. 19 Sampel Balok Umur 21 Hari.....	77
Gambar 4. 20 Kurva Gradasi Agregat Halus	79
Gambar 4. 21 Kurva Gradasi Agregat Kasar	81
Gambar 4. 22 Grafik Pengujian <i>Slump</i>	85
Gambar 4. 23 Grafik Pengujian Berat Isi Beton Segar	86
Gambar 4. 24 Grafik Pengujian Berat Isi Beton Kering	86
Gambar 4. 25 Grafik Kuat Tekan Beton 14 Hari pada Kandungan <i>Fly Ash</i> 10%	87
Gambar 4. 26 Grafik Kuat Tekan Beton 14 Hari pada Kandungan <i>Fly Ash</i> 20%	88
Gambar 4. 27 Grafik Kuat Tekan Beton 21 Hari pada Kandungan <i>Fly Ash</i> 10%	89
Gambar 4. 28 Grafik Kuat Tekan Beton 21 Hari pada Kandungan <i>Fly Ash</i> 20%	89
Gambar 4. 29 Grafik Kuat Lentur Beton 14 Hari pada Kandungan <i>Fly Ash</i> 10%	91
Gambar 4. 30 Grafik Kuat Lentur Beton 14 Hari pada Kandungan <i>Fly Ash</i> 20%	91
Gambar 4. 31 Grafik Kuat Lentur Beton 21 Hari pada Kandungan <i>Fly Ash</i> 10%	92
Gambar 4. 32 Grafik Kuat Lentur Beton 21 Hari pada Kandungan <i>Fly Ash</i> 20%	93

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Batas-Batas Gradasi Agregat Halus	13
Tabel 2. 2 Batas-Batas Gradasi Agregat Kasar	14
Tabel 2. 3 Rasio Kuat Desak Beton pada Berbagai Umur	18
Tabel 3. 1 Jumlah Benda Uji.....	28
Tabel 3. 2 Jumlah Total Volume Benda Uji yang Dibutuhkan.....	31
Tabel 3. 3 Macam-Macam Wadah Baja Silinder	40
Tabel 4. 1 Komposisi Variasi Penelitian.....	57
Tabel 4. 2 Jumlah Benda Uji.....	57
Tabel 4. 3 Analisa Gradasi Agregat Halus	58
Tabel 4. 4 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	59
Tabel 4. 5 Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Halus	60
Tabel 4. 6 Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus	60
Tabel 4. 7 Analisa Gradasi Agregat Kasar	62
Tabel 4. 8 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	63
Tabel 4. 9 Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Kasar	64
Tabel 4. 10 Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar	64
Tabel 4. 11 Pengujian Berat Isi Lepas Semen.....	65
Tabel 4. 12 Pengujian Berat Isi Padat Semen	66
Tabel 4. 13 Pengujian Berat Isi Lepas <i>Fly Ash</i>	66
Tabel 4. 14 Pengujian Berat Isi Padat <i>Fly Ash</i>	67
Tabel 4. 15 Volume Kebutuhan Material Tiap Silinder.....	68
Tabel 4. 16 Volume Kebutuhan Material Tiap Balok.....	68
Tabel 4. 17 Pengujian <i>Slump</i>	70
Tabel 4. 18 Pengujian Berat Isi Beton Segar	71
Tabel 4. 19 Pengujian Berat Isi Beton Kering	72
Tabel 4. 20 Pengujian Kuat Tekan Beton 14 Hari	73
Tabel 4. 21 Pengujian Kuat Tekan Beton 21 Hari	74
Tabel 4. 22 Pengujian Kuat Lentur Beton 14 Hari.....	76
Tabel 4. 23 Pengujian Kuat Lentur Beton 21 Hari.....	77

Tabel 4. 24 Hasil Analisis Gradasi Agregat Halus	78
Tabel 4. 25 Rekap Hasil Pengujian Agregat Halus	80
Tabel 4. 26 Hasil Analisis Gradasi Agregat Kasar	81
Tabel 4. 27 Rekap Hasil Pengujian Agregat Kasar	83
Tabel 4. 28 Hasil Rata-Rata Kuat Tekan 14 Hari	87
Tabel 4. 29 Hasil Rata-Rata Kuat Tekan 21 Hari	89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Tugas Pembimbing Skripsi

Lampiran 2 Lembar Bimbingan Skripsi Dosen I

Lampiran 3 Lembar Bimbingan Skripsi Dosen II

Lampiran 4 Lembar Revisi Ujian Skripsi Penguji I

Lampiran 5 Lembar Revisi Ujian Skripsi Penguji II

Lampiran 6 Lembar Revisi Ujian Skripsi Penguji III

Lampiran 7 Hasil Pengujian Penelitian

Lampiran 8 Dokumentasi Proses Penelitian

DAFTAR NOTASI

\emptyset	= Diameter
μm	= Micrometer (1×10^{-6} m)
σ	= Kuat Lentur Beton (MPa)
A_0	= Luas Penampang Benda Uji (mm^2)
Al_2O_3	= Alumina
ASTM	= <i>American Standard For Testing Material</i>
b	= Lebar Sampel Balok (mm)
B	= Berat Picnometer + Air (gr)
B-3	= Bahan Berbahaya Beracun
Ba	= Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh di dalam Air
Bipedal	= Badan Pengendalian Dampak Lingkungan
Bk	= Berat Benda Uji Kering Oven
Bssd	= Berat Benda Uji Dalam Keadaan Kering Permukaan Jenuh
Bt	= Berat Picnometer + Benda Uji + Air (gr)
CaO	= Kalsium Oksida
FAS	= Faktor Air Semen
f_c	= Kuat Tekan Beton (MPa)
Fe_2O_3	= Fero Oksida
h	= Panjang Sisi Balok (mm)
JPK	= Jenuh Permukaan Kering
KR	= Kricak
L	= Panjang Bentang (mm)
M	= Berat isi agregat (kg/lt)
MgO	= Magnesium Oksida
Mpa	= Mega Pascal ($1 \text{ MPa} = 10 \text{ Kg/cm}^2 = 1 \text{ N/mm}^2$)
N	= Jumlah Benda Uji
n	= Nilai Konversi Kuat Tekan
Na_2O dan K_2O	= Alkalin
OPC-1	= <i>Ordinary Portland Cement</i>

P	= Bebas Tekan/Beban Maksimum (N)
P ₂ O ₅	= Pospor Oksida
PC	= <i>Portland Cement</i>
PS	= Pasir
PCC	= <i>Portland Composite Cement</i>
S	= <i>Bulk Specific Gravity</i> (Berat Jenis) Agregat
SiO ₂	= Silika
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SO ₃	= Sulfur Trioksida
t	= Tinggi Silinder (cm)
TiO ₂	= Titanium Oksida
V	= Volume tabung silinder (lt)
W	= Density (kerapatan) air = 998 kg/lt = 0,998gr/lt
W ₁	= Silinder Kosong
W ₂	= Silinder + Benda Uji Dalam Kondisi Lepas (kg)
W ₃	= Berat benda uji dalam kondisi lepas (kg)
W ₄	= Silinder + Benda Uji Dalam Kondisi Dipadatkan (kg)
W ₅	= Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan (kg)
X	= Variabel Bebas
Y	= Variabel Terikat

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pertumbuhan penduduk negara Indonesia yang setiap tahunnya mengalami peningkatan akan berpengaruh terhadap pertumbuhan infrastruktur yang semakin meningkat. Salah satu infrastruktur yang menjadi kebutuhan pokok setiap manusia adalah rumah tinggal. Selain rumah tinggal, infrastruktur lainnya yang dibutuhkan manusia adalah bangunan gedung, jembatan, jalan, dan bendungan. Semua infrastruktur tersebut menggunakan beton sebagai bahan konstruksi bangunan.

Pada bangunan gedung, beton digunakan sebagai konstruksi pondasi, sloof, kolom, balok dan plat lantai / plat atap. Pada bangunan jembatan beton digunakan untuk konstruksi gelagar, balok, dan *abutment*. Beton adalah bahan yang memiliki kekuatan tinggi, serta memiliki sifat tahan terhadap pembusukan dan pengkaratan karena keadaan lingkungan. Bila dibuat dengan baik, beton memiliki kuat tekan yang dapat menyamai batuan alami (Tjokrodinuljo, 1996).

Beton tersusun dari beberapa material pembentuk yaitu agregat halus dan agregat kasar. Saat pelaksanaan pengecoran, material pembentuk beton harus bersih dan terhindar dari bahan yang dapat menurunkan daya dukung beton, bahan tersebut ialah lumpur. Saat pelaksanaan pengecoran sering ditemui agregat yang mengandung lumpur, kejadian tersebut mengakibatkan beton terkontaminasi dan daya dukung beton akan mengalami penurunan. Dengan adanya permasalahan itu maka di butuhkan treatment tertentu agar daya dukung beton sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.

Dalam proses peningkatan daya dukung beton dibutuhkan suatu material yang memiliki karakteristik menyerupai semen ataupun bahan lain yang bisa mengembalikan daya dukung beton sesuai spesifikasi yang dibutuhkan. Salah satu material yang memiliki karakteristik menyerupai semen ialah material hasil sampingan industri, seperti *fly ash* yang merupakan

sisanya pembakaran batu bara. *Fly ash* merupakan material yang memiliki ukuran butiran yang halus, berwarna keabu-abuan yang pada intinya mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan karbon.

Berdasarkan uraian diatas perlu dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi kadar lumpur dan *fly ash* terhadap kekuatan beton. Dalam hal ini peneliti ingin mengevaluasi pengaruh penambahan kadar lumpur 2,5%, 5% dan 7,5% terhadap kuat tekan dan kuat lentur campuran beton dengan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR yang mengandung 10% dan 20% *fly ash*.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka masalah yang dapat diidentifikasi oleh peneliti adalah saat pelaksanaan pengecoran sering ditemui agregat yang mengandung lumpur, kejadian tersebut mengakibatkan beton terkontaminasi dan daya dukung beton akan mengalami penurunan. Sehingga peneliti ingin mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* pada beton yang mengandung lumpur untuk mengembalikan daya dukung beton.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini diperlukan guna mendapatkan solusi tentang masalah yang terjadi, ruang lingkup pembatasan masalah ini antara lain:

1. Metode pembuatan beton dengan perbandingan 1PC:2PS:3KR.
2. Agregat halus yang digunakan adalah pasir muntulan.
3. Agregat kasar yang digunakan adalah split ukuran 10-20 mm.
4. Agregat halus dan kasar yang digunakan dalam keadaan bersih, sudah melalui proses pencucian.

5. Air yang digunakan adalah air tanah Laboratorium Teknik Sipil Universitas PGRI Semarang.
6. Semen yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan Semen PCC (*Portland Composite Cement*) tipe I dengan merek Semen Gresik.
7. Nilai Faktor Air Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,6.
8. Material tanah (lumpur) lolos saringan No. 200 yang digunakan sebagai bahan penelitian berasal dari daerah Kecamatan Dempet, Kabupaten Demak.
9. Bahan tambahan yang digunakan adalah *fly ash* yang berasal dari PT. Pionirbeton Industri, Kabupaten Kendal.
10. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini di fokuskan pada pengujian kuat tekan dan pengujian kuat lentur.
11. Pengujian beton terhadap kuat tekan dan kuat lentur dilakukan pada beton yang berumur 14 hari dan 21 hari.

1.4 Perumusan Masalah

Dalam penelitian ini permasalahan yang akan dibahas dalam perumusan masalah antara lain:

1. Berapa nilai kuat tekan dan kuat lentur beton dengan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR pada persentase kadar lumpur dan *fly ash* 0%?
2. Berapa nilai kuat tekan dan kuat lentur beton dengan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR pada kadar lumpur 2,5%, 5% dan 7,5% terhadap campuran beton dengan kandungan *fly ash* 10%?
3. Berapa nilai kuat tekan dan kuat lentur beton dengan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR pada kadar lumpur 2,5%, 5% dan 7,5% terhadap campuran beton dengan kandungan *fly ash* 20%?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui nilai kuat tekan dan kuat lentur beton dengan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR pada persentase kadar lumpur dan *fly ash* 0%.
2. Mengetahui nilai kuat tekan dan kuat lentur beton dengan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR pada kadar lumpur 2,5%, 5% dan 7,5% terhadap campuran beton dengan kandungan *fly ash* 10%.
3. Mengetahui nilai kuat tekan dan kuat lentur beton dengan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR pada kadar lumpur 2,5%, 5% dan 7,5% terhadap campuran beton dengan kandungan *fly ash* 20%.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini adalah:

1. Memberikan pengetahuan mengenai pengaruh penambahan kadar lumpur 2,5%, 5% dan 7,5% terhadap kuat tekan dan kuat lentur campuran beton dengan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR yang mengandung 10% dan 20% *fly ash*.
2. Memberikan pengetahuan mengenai perbandingan kualitas kuat tekan dan kuat lentur beton normal dengan beton yang mengandung lumpur dan *fly ash* dengan persentase tertentu.
3. Memberikan bahan masukan dan pertimbangan untuk penelitian lebih lanjut.

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan skripsi, penulis harus dapat memenuhi aturan dan kaidah-kaidah penulisan yang berlaku dengan tujuan agar penulisan skripsi yang ditulis dapat dimengerti dan dipahami, secara garis besar penulisan skripsi terdiri atas:

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, identifikasi masalah, pembatasan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan skripsi.

2. BAB II KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang tinjauan pustaka, penelitian terdahulu, landasan teori, kerangka pikir dan hipotesis penelitian.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini membahas tentang metode penelitian yang dilakukan, dalam bab ini berisi tentang pendekatan penelitian, lokasi penelitian, populasi dan sampel, variabel penelitian, desain penelitian, proses eksperimen, teknik pengumpulan data, teknik analisis data.

4. BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan tentang hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium dan pembahasan mengenai hasil penelitian tersebut.

5. BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran yang diberikan penulis terhadap permasalahan yang diteliti

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Menurut SNI 03-2847-2013, beton adalah campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (*fc*) pada usia 28 hari. Beton memiliki daya kuat tekan yang baik oleh karena itu beton banyak di pakai atau dipergunakan untuk pemilihan jenis struktur terutama struktur bangunan, jembatan dan jalan.

Fly ash (Abu terbang) adalah sebagai pengganti (substitusi) semen. Abu terbang (*Fly Ash*) adalah bagian dari sisa pembakaran batu bara yang berbentuk partikel halus amorf. Abu tersebut merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral (*mineral matter*) karena proses pembakaran. Abu terbang (*Fly Ash*) sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti semen, tetapi dengan kehadiran air, zat additive dan ukuran partikelnya yang halus, oksidasi silica yang di kandung dalam abu terbant (*Fly Ash*) akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen, dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. (M. Fajar Hermansyah, FT UI, 2008)

Menurut SNI 6371:2015 tanah lempung adalah butiran tanah lolos ayakan No. 200 (0,075 mm) yang dalam satu rentang kadar air tertentu bersifat plastis dan mempunyai kekuatan yang cukup besar pada saat kering udara. Untuk klasifikasi, lempung termasuk tanah yang berbutir halus, atau bagian tanah yang berbutir halus, dengan indeks plastisitas sama atau lebih besar dari 4, bila digambarkan dalam grafik plastisitas akan terletak pada atau diatas garis A. Lempung organik adalah tanah lempung yang memiliki batas cair kering oven kurang dari 75% dari nilai batas cair sebelum pengeringan.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Aliem Sudjarmiko dan M. Zhuhur B (2019) yang berjudul Pengaruh Kadar Lumpur Agregat Halus 5%, 7,5%, 10%, 12,5% dan 15% terhadap kuat tekan dan Kuat Tarik Belah. Pada penelitian ini menyimpulkan bahwa semakin banyak lumpur di agregat halus (pasir) dapat menurunkan nilai kuat tekan beton. Hasil pengujian di batching plant kuat tekan beton yaitu: 5%, 7,5%, 10%, 12,5% dan 15% didapat nilai rata-rata 12,21 Mpa, 11,05 Mpa, 8,87 Mpa, 6,57 Mpa dan 5,12 Mpa. Semakin banyak lumpur di agregat halus (pasir) dapat menurunkan nilai kuat Tarik belah. Hasil pengujian di batching plant kuat tekan beton yaitu : 5%, 7,5%, 10%, 12,5% dan 15% didapat nilai rata-rata 48,51 Mpa, 51,87 Mpa, 53,12 Mpa, 41,24 Mpa, dan 28,31 Mpa. (Sudjarmiko dan Zhuhur B, 2019)

Pada tahun 2019 Satriani melakukan penelitian yang berjudul Pengaruh Kadar Lumpur Terhadap Kuat Tekan Beton Normal. Penelitian ini menyimpulkan kadar lumpur memberikan pengaruh yang signifikan terhadap mutu beton. Pasir dengan kadar lumpur > 5% tidak mencapai mutu beton yang ditargetkan. Sedangkan dengan komposisi yang sama namun kondisi pasir dicuci sehingga kadar lumpur berkurang menjadi < 5% mencapai mutu beton yang ditargetkan. Kenaikan mutu beton dengan adanya perlakuan pada kadar lumpur pasir adalah 31,21%. (Satriani,2019)

Pada tahun 2021 Marchelinus Putra Mahadika dan Bagas Dhimas Priambodo melakukan penelitian yang berjudul Pengaruh Penambahan *Fly Ash* dan Polcon Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton. Beton normal pada penelitian ini mendapatkan hasil kuat tekan maksimum sebesar 10,663 Mpa pada umur 28 hari. Untuk kuat Tarik belah mendapatkan hasil sebesar 1,2 Mpa setelah proses penambahan *Fly Ash* dapat disimpulkan bahwa kuat tekan maksimum pada beton dengan bahan tambah *fly ash* di dapatkan pada beton yang menggunakan konsentrasi 30% berumur 28 hari didapatkan hasil 18,744 Mpa dengan peningkatan sebesar 87,38 % dari beton normal. Kuat Tarik belah maksimal pada beton yang menggunakan konsentrasi

30% berumur 28 hari didapat hasil 1,98 Mpa dengan peningkatan sebesar 65% dari beton normal. (Mahadika dan Priambodo,2021)

2.3 Landasan Teori

2.2.1 Beton

Beton merupakan ikatan dari material pembentuk, yang terdiri dari campuran semen, air, agregat kasar dan agregat halus. Bahan air dan semen disatukan akan membentuk pasta semen, dan berfungsi sebagai bahan pengikat, sedangkan agregat halus dan agregat kasar sebagai bahan pengisi. Agregat halus berfungsi sebagai rongga antara agregat kasar. Bahan dipilih sesuai dengan ketentuan yang ada dengan perbandingan tertentu untuk menghasilkan beton yang diinginkan. Karakteristik bahan pembentuk bangunan adalah tahan cuaca, kuat dan harga murah. Kualitas pemilihan bahan akan mempengaruhi beton dari segi bentuk kualitas dan mutu dari beton yang dihasilkan serta diperlukan juga pencampuran yang merata. Pencampuran bahan-bahan yang merata akan bersifat homogen yaitu saling mengikat dan mengisi antara semua bahan pada waktu dilaksanakan pengecoran dan pencetakan beton.

Beton segar yang baik adalah beton segar yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dituang, dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi *segregasi* (pemisahan kerikil dari adukan) maupun *bleeding* (pemisahan air dan semen dari adukan). Hal ini karena segregasi maupun bleeding mengakibatkan beton yang diperoleh akan jelek. Beton (beton keras) yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama/awet kedap air tahan aus dan sedikit mengalami perubahan volume (kembang susutnya kecil) (Tjokrodimuljo, K, 2007).

Secara umum beton memiliki kelebihan dan kekurangan, berikut ini penjelasan lengkapnya. Kelebihan beton antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Harga relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar dari bahan lokal, kecuali semen Portland.
- b. Beton termasuk bahan yang berkekuatan tekan tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap pengkaratan/pembusukan oleh kondisi lingkungan.
- c. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk apapun dan ukuran seberapapun tergantung keinginan.
- d. Kuat tekannya tinggi jika dikombinasikan dengan baja tulangan.
- e. Beton segar dapat disemprotkan di permukaan beton lama yang retak maupun diisikan kedalam retakan beton dalam proses perbaikan.
- f. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit.
- g. Beton termasuk tahan aus dan tahan kebakaran, sehingga biaya perawatan termasuk rendah.

Kekurangan dari beton adalah sebagai berikut:

- a. Beton mempunyai kuat lentur yang rendah, sehingga mudah retak.
- b. Beton segar mengerut saat pengeringan dan beton keras mengembang jika basah, sehingga dilatasi perlu diadakan pada beton yang panjang/lebar untuk memberi tempat bagi susut pengerasan dan pengembangan beton.
- c. Beton keras mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi untuk mencegah terjadinya retak-retak akibat perubahan suhu.
- d. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang mengandung garam dapat merusak beton.
- e. Beton bersifat getas (tidak daktail) sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja

tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa (Tjokrodimuljo, K., 2007).

2.2.2 Bahan Penyusun Beton

a. Semen Portland

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lainnya (SNI 15-2049-2004).

Semen dibedakan menjadi beberapa tipe berdasarkan penggunaannya. Jenis semen berdasarkan kegunaannya adalah sebagai berikut.

- 1) Jenis I, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada semen jenis lain.
- 2) Jenis II, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- 3) Jenis III, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- 4) Jenis IV, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi yang rendah.
- 5) Jenis V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi terhadap sulfat.

b. Air

Air merupakan bahan terpenting dalam pembuatan beton karena air berfungsi untuk membantu reaksi kimia semen *portland* dan sebagai bahan pelicin antara semen dengan agregat agar mudah dikerjakan (*workability*). Namun penambahan air dalam campuran

juga tidak perlu terlalu banyak karena akan mengurangi kekuatan serta beton akan *porous* (Tjokromuljo, K., 2007).

Syarat-syarat air yang dapat digunakan dalam campuran beton menurut SNI 03-2847-2002 adalah:

- 1) Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
 - 2) Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
 - 3) Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
 - a) Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
 - b) Hasil pengujian pada umur 14 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.
- c. Agregat halus

Dalam SNI 03-2847-2002 agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi secara 'alami' dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5.0 mm. Dalam campuran beton normal agregat halus menempati sebanyak 15 - 80% dari agregat campuran. Fungsi agregat halus dalam campuran beton berbagai mutu adalah sebagai bahan pengisi dan penguat. Syarat-syarat agregat halus untuk campuran beton menurut SK SNI S-04-1989-F adalah:

- 1) Agregat halus butirannya tajam, kuat, dan keras.
- 2) Agregat halus bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- 3) Agregat halus bersifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
 - a) Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%
 - b) Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%
- 4) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,06 mm) lebih dari 5%. Apabila lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
- 5) Agregat halus tidak boleh mengandung zat organik karena akan mempengaruhi mutu beton. Bila direndam dalam larutan NaOH 3%, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.
- 6) Agregat halus tidak boleh mengandung garam.
- 7) Agregat halus harus mempunyai variasi gradasi yang baik, sehingga rongganya sedikit. Agregat halus memiliki modulus kehalusan antara 1,5-3,8. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zona 1, 2, 3, atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut:
 - a) Sisa di atas ayakan 4,8 mm maksimal 2% dari berat.
 - b) Sisa di atas ayakan 1,2 mm maksimal 10% dari berat.
 - c) Sisa di atas ayakan 0,3 mm maksimal 15% dari berat.
- 8) Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya (bergradasi). Adapun gradasi agregat halus menurut SNI SNI 03-2847-2000 diperlihatkan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 2. 1 Batas-Batas Gradasi Agregat Halus

Ukuran Saringan (Ayakan)				% Lolos Saringan/Ayakan				
				SNI 03-2834-2000				ASTM C-33
mm	SNI	ASTM	inch	Pasir Kasar Gradasi No. 1	Pasir Sedang Gradasi No. 2	Pasir Agak Halus Gradasi No. 3	Pasir Halus Gradasi No. 4	Fine Aggregate Sieve Analysis
9,50	9,6	% in	0,3750	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100
4,75	4,8	no. 4	0,1870	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100	95 - 100
2,36	2,4	no. 8	0,0937	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100	80 - 100
1,18	1,2	no. 16	0,0469	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100	50 - 85
0,60	0,6	no. 30	0,0234	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100	25 - 60
0,30	0,3	no. 50	0,0117	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50	5 - 30
0,15	0,15	no. 100	0,0059	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15	0 - 10

Tabel Gradasi Agregat Halus (SNI 03-2834-2000 dan ASTM C-33)

The fine aggregate shall have not more than 45 % passing any sieve and retained on the next consecutive sieve

d. Agregat kasar

Menurut SNI 03-2847-2000 agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi 'alami' dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai butir antara 5 mm sampai 40 mm. Dalam campuran beton normal agregat kasar menempati sebanyak 20 - 85% dari agregat campuran. Fungsi agregat halus dalam campuran beton adalah sebagai bahan pengisi dan penguat. Syarat-syarat agregat kasar untuk campuran beton menurut SK SNI S-04- 1989-F adalah:

- 1) Agregat kasar butirannya tajam, kuat, dan keras.
- 2) Agregat kasar bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- 3) Agregat kasar bersifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut
 - a) Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%
 - b) Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%
- 4) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,06 mm) lebih dari 1%. Apabila lebih dari 1% maka pasir harus dicuci.

- 5) Agregat kasar tidak boleh mengandung zat organik dan bahan alkali yang dapat merusak beton.
- 6) Agregat kasar tidak boleh mengandung garam.
- 7) Agregat kasar harus mempunyai variasi gradasi yang baik, sehingga rongganya sedikit. Agregat halus memiliki modulus kehalusan antara 6,0-7,1 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut:
 - a) Sisa di atas ayakan 38 mm harus 0% dari berat.
 - b) Sisa di atas ayakan 4,8 mm 90%-98% dari berat.
 - c) Selisih antara sisa-sisa kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan minimal 10% dan maksimal 60% dari berat.
- 8) Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya (bergradasi). Adapun gradasi agregat kasar menurut SNI 03-2834-2000 diperlihatkan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 2. 2 Batas-Batas Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan (Ayakan)				% Lolos Saringan/Ayakan		
mm	SNI	ASTM	inch	Ukuran Maks. 10 mm	Ukuran Maks. 20 mm	Ukuran Maks. 40 mm
75,0	76	3 in	3,00			100 - 100
37,5	38	1½ in	1,50		100 - 100	95 - 100
19,0	19	¾ in	0,75	100 - 100	95 - 100	35 - 70
9,5	9,6	¾ in	0,3750	50 - 85	30 - 60	10 - 40
4,75	4,8	no. 4	0,1870	0 - 10	0 - 10	0 - 5

Tabel Gradasi Agregat Kasar (SNI 03-2834-2000)



Gambar 2. 1 Agregat Kasar

2.2.3 Sifat-Sifat Beton

a. *Workability*

Salah satu sifat beton sebelum mengeras (beton segar) adalah kemudahan pengerjaan (*workability*). *Workability* adalah tingkat kemudahan pengerjaan beton dalam mencampur, mengaduk, menuang dalam cetakan dan pemadatan tanpa homogenitas beton berkurang dan beton tidak mengalami *bleeding* (pemisahan) yang berlebihan untuk mencapai kekuatan beton yang diinginkan.

Workability akan lebih jelas pengertiannya dengan adanya sifat-sifat berikut:

- 1) *Mobility* adalah kemudahan adukan beton untuk mengalir dalam cetakan.
- 2) *Stability* adalah kemampuan adukan beton untuk selalu tetap homogen, selalu mengikat (koheren), dan tidak mengalami pemisahan butiran (*segregasi* dan *bleeding*).
- 3) *Compactibility* adalah kemudahan adukan beton untuk dipadatkan sehingga rongga-rongga udara dapat berkurang.
- 4) *Finishibility* adalah kemudahan adukan beton untuk mencapai tahap akhir yaitu mengeras dengan kondisi yang baik.

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat *workability* antara lain:

- 1) Jumlah air yang digunakan dalam campuran adukan beton. Semakin banyak air yang digunakan, maka beton segar semakin mudah dikerjakan.
- 2) Penambahan semen ke dalam campuran juga akan memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai *fas* tetap.
- 3) Gradasi campuran pasir dan kerikil. Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, maka adukan beton akan mudah dikerjakan.
- 4) Pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton.

- 5) Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai juga berpengaruh terhadap tingkat kemudahan dikerjakan.

b. Segregasi

Kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan *segregasi* (Mulyono, 2004). Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil pada beton akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. *Segregasi* ini disebabkan oleh beberapa hal yaitu:

- 1) Campuran kurus dan kurang semen.
- 2) Terlalu banyak air.
- 3) Ukuran maksimum agregat lebih dari 40 mm.
- 4) Permukaan butir agregat kasar yang terlalu kasar.

Kecenderungan terjadinya *segregasi* ini dapat dicegah jika:

- 1) Tinggi jatuh diperpendek.
- 2) Penggunaan air sesuai dengan syarat.
- 3) Cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan.
- 4) Ukuran agregat sesuai dengan syarat.
- 5) Pemasangan baik.

c. *Bleeding*

Bleeding adalah pengeluaran air dari adukan beton yang disebabkan oleh pelepasan air dari pasta semen. Sesaat setelah dicetak, air yang terkandung di dalam beton segar cenderung untuk naik ke permukaan. Akibat dari peristiwa ini:

- 1) Bagian atas lapis terlalu basah, yang akan menghasilkan beton berpori dan lemah.
- 2) Air naik membawa serta bagian-bagian *inert* dan semen yang membentuk lapis buih semen (*laitance*) pada muka lapis (merintang lekatan pada lapis kemudian, maka harus dihilangkan).

3) Air dapat berkumpul dalam-dalam krikil-krikil dan baja tulangan horizontal, hingga menimbulkan rongga-rongga besar.

Cara mengurangi *bleeding* digunakan:

- 1) Jumlah air campuran yang tidak melebihi kebutuhan untuk mencapai *Workability*.
- 2) Campuran dengan semen lebih banyak.
- 3) Jenis semen yang butir-butirnya lebih halus.
- 4) Bahan batuan bergradasi lebih baik.
- 5) Pasir alam yang agak bulat-bulat dengan persentase butir halus lebih besar.
- 6) Zat tambah guna perbaikan gradasi bahan batuan (kadang-kadang digunakan bubuk Al, yang menyebabkan pengembangan sedikit pastinya, guna mengimbangi susut oleh pengeluaran air).

d. Umur beton

Kekuatan desak beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naik secara cepat (*linier*) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Kekuatan desak beton pada kasus tertentu terus akan bertambah sampai beberapa tahun dimuka. Biasanya kekuatan desak rencana beton dihitung pada umur 28 hari. Untuk struktur yang menghendaki awal tinggi, maka campuran dikombinasikan dengan semen khusus atau ditambah dengan bahan tambah kimia dengan tetap menggunakan jenis semen tipe I (OPC-1). Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan penyusunnya yang paling utama adalah penggunaan bahan semen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja desaknya (Mulyono, 2004).

Kuat desak beton akan bertambah tinggi dengan bertambahnya umur (Tjokrodinuljo, K., 2007). Yang dimaksud umur disini adalah dihitung sejak beton dicetak. Laju kenaikan kuat desak beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu akan semakin lambat dan

laju kenaikan itu akan menjadi relatif sangat kecil setelah berumur 28 hari. Sebagai standar kuat desak beton (jika tidak disebutkan umur secara khusus) adalah kuat desak beton pada umur 28 hari. Laju kenaikan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis semen portland, suhu keliling beton, faktor air-semen dan faktor lain yang sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat desak beton. Hubungan antara umur dan kuat desak beton dapat dilihat pada tabel berikut ini.

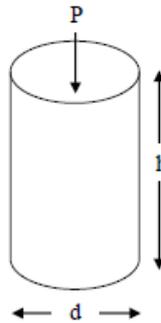
Tabel 2. 3 Rasio Kuat Desak Beton pada Berbagai Umur

Umur Beton	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland Biasa	0,4	0,65	0,88	0,95	1	1,2	1,35
Semen Portland dengan Kekuatan Awal yang Tinggi	0,55	0,75	0,9	0,95	1	1,15	1,2

2.2.4 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C39-86. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c') yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1996). Sketsa pengujian kuat tekan beton dapat ditunjukkan seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 2 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton

Rumus untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut.

$$f'c = \frac{P}{A_0}$$

Keterangan :

$f'c$: kuat tekan beton (MPa)

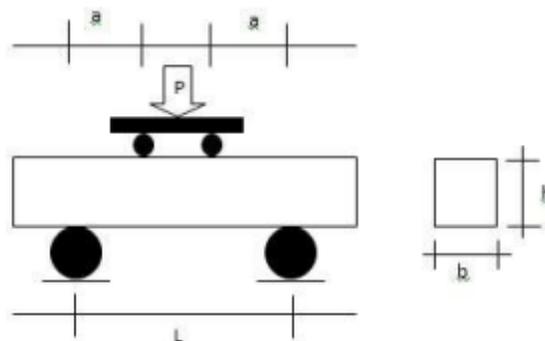
p : bebas tekan (N)

A_0 : luas penampang benda uji (mm^2)

Sifat beton yang baik adalah jika beton tersebut memiliki kuat tekan tinggi (antara 20-50 MPa pada umur 28 hari). Dengan kata lain dapat diasumsikan bahwa mutu beton ditinjau hanya dari kuat tekannya saja (Tjokrodinuljo, K., 2007).

2.2.5 Kuat Lentur Beton

Kuat lentur beton adalah nilai kuat lentur tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan (SNI 03-2491-2002). Sketsa pengujian kuat lentur belah beton dapat ditunjukkan seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 3 Sketsa Pengujian Kuat lentur Beton

(Sumber: Fanto Pardomuan Pae.,2015)

Rumus untuk mendapatkan nilai kuat lentur belah beton berdasarkan percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{PL}{h^3}$$

Keterangan :

σ : kuat lentur beton (MPa)

P : beban maksimum (N)

L : panjang bentang (mm)

h : panjang sisi balok (mm)

2.2.6 Perawatan Beton

Pekerjaan perawatan beton setelah pengecoran disebut *curing*. Pekerjaan ini dilaksanakan untuk menjaga supaya beton tidak cepat kehilangan air saat proses pengeringan berlangsung. Perawatan ini harus dilakukan sesegera mungkin setelah proses *finishing* beton sudah selesai dan waktu total setting beton tersebut tercapai. Caranya yaitu melakukan tindakan-tindakan tertentu untuk menjaga tingkat kelembaban dan suhu beton.

Tujuan utama melakukan *curing* (perawatan beton) adalah memastikan reaksi hidrasi senyawa semen, termasuk bahan tambahan

atau bahan pengganti, berlangsung secara optimal. Dengan demikian kualitas beton yang diharapkan pun dapat tercapai. Selain itu, proses perawatan ini juga bertujuan untuk mencegah agar tidak terjadi penyusutan beton yang berlebihan akibat kehilangan kelembaban yang terlalu cepat atau tidak seragam. Jika kondisi ini terjadi, beton akan mengalami keretakan.

Curing (perawatan beton) harus dilakukan secara tepat sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Sebab pelaksanaan *curing* ini akan berpengaruh terhadap :

- a. *Strength* : mutu dan kekuatan beton.
- b. *Durability* : keawetan struktur beton.
- c. *Water-tightness* : kedap air beton terhadap air.
- d. *Wear resistance* : ketahanan permukaan beton, misalnya terhadap keausan.
- e. *Volume stability, shrinkage, and expansion* : kestabilan volume yang berhubungan dengan susut dan kembang beton.

Pelaksanaan pekerjaan *curing* sebaiknya dilakukan segera setelah beton tersebut mengalami atau memasuki fase *hardening*, terutama untuk permukaan beton yang terbuka atau setelah dilakukan pembukaan cetakan bekisting. *Curing* dilaksanakan selama durasi waktu tertentu untuk menjaga kondisi-kondisi tertentu yang dibutuhkan dalam proses reaksi senyawa kimia yang terkandung di dalam campuran beton tersebut.

Faktor-faktor yang mempengaruhi durasi waktu pelaksanaan perawatan beton (*curing*) antara lain :

- a. Jenis semen dan bahan-bahan tambahan/pengganti yang dipakai
- b. Jenis/tipe dan luas elemen struktur yang digunakan
- c. Kondisi cuaca, suhu udara, dan kelembaban di lokasi pekerjaan
- d. Penetapan nilai dan waktu yang dipakai untuk kuat tekan beton (28 hari)

Peraturan yang digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan *curing*/perawatan beton antara lain SNI 03-2847-2002 dan ASTM C-150 yaitu sebagai berikut:

- a. SNI 03-2847-2002 mensyaratkan *curing* selama 7 hari untuk beton normal dan 3 hari untuk beton yang memiliki kuat tekan awal tinggi.
- b. ASTM C-150 mensyaratkan waktu minimum *curing* selama 7 hari (semen tipe I), 10 hari (semen tipe II), 13 hari (semen tipe III), dan 14 hari (semen tipe IV dan V).

Macam-macam metode yang dapat dilakukan dalam pelaksanaan perawatan beton (*curing*) adalah sebagai berikut :

- a. Metode I : Membasahi permukaan beton secara berkala menggunakan agar kondisinya selalu lembab selama perawatan. Metode ini dapat dilakukan memakai sistem sprinkler agar lebih praktis.
- b. Metode II : Merendam beton menggunakan air dengan penggenangan permukaan beton.
- c. Metode III : Membungkus beton memakai bahan-bahan yang bisa menahan penguapan air. Misalnya plastik, karung goni, dan lain-lain.
- d. Metode IV : Menutup permukaan beton menggunakan bahan-bahan yang dapat mengurangi penguapan air. Beton perlu dibasahi secara berkala. Contohnya memakai plastik berpori atau *non-woven geotextile*. Perlu dilakukan penyiraman secara berkala.
- e. Metode V : Menggunakan material-material khusus untuk keperluan perawatan beton.
- f. Metode VI : Memanfaatkan uap air panas atau selimut pemanas (*heating blanket*) terutama di daerah-daerah yang cuacanya dingin atau negara yang memiliki musim dingin.

Pelaksanaan pekerjaan perawatan beton (*curing*) harus dilakukan secara tepat sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang telah disepakati bersama. Pelaksanaan *curing* yang tidak tepat justru akan merugikan

dan mengurangi mutu beton yang dirawat. Sebagai contoh, proses pembasahan beton yang tidak dilakukan secara berkelanjutan justru akan mengakibatkan terjadinya proses basah-kering. Kondisi ini akan meningkatkan potensi beton tersebut mengalami keretakan serta penurunan kuat-tekan.

2.2.7 Fly Ash

Menurut SNI 03-6414-2002 mendefinisikan pengertian abu terbang (*fly ash*) batubara adalah limbah hasil pembakaran batubara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozzolanik. Abu terbang (*fly ash*) merupakan material yang memiliki ukuran butiran yang halus, berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara. Pada intinya abu terbang (*fly ash*) mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan Karbon (Anonim, 2008).

Sebenarnya abu terbang (*fly ash*) tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen, namun dengan kehadiran air dan ukurannya yang halus, oksida silika yang dikandung didalam abu batubara akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan akan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan yang mengikat (Djiwantoro, 2001). Menurut PP 18 tahun 1999 juncto PP 85 tahun 1999 abu terbang (*fly ash*) digolongkan sebagai limbah B-3 (bahan berbahaya dan beracun) dengan kode limbah D 223 dengan bahan pencemar utama adalah logam berat, yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan (BAPEDAL, 1999).

2.2.8 Tanah Lumpur

Berdasarkan sistem klasifikasi tanah dengan USCS (*Unified Soil Classification System*) tanah lumpur atau lempung termasuk dalam jenis tanah berbutir halus. Tanah ini merupakan tanah berbutir halus dengan sebagian besar dari berat total tanah adalah lolos ayakan No. 200. Menurut ASTM D-653 batasan secara fisik ukuran lempung adalah partikel yang berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm. Tanah lempung bersifat plastis apabila tercampur oleh air, permeabilitas tinggi, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi dan proses konsolidasi yang lambat. (Hardiyatmo, 1999)



Gambar 2. 4 Tanah Lumpur

2.4 Kerangka Pikir

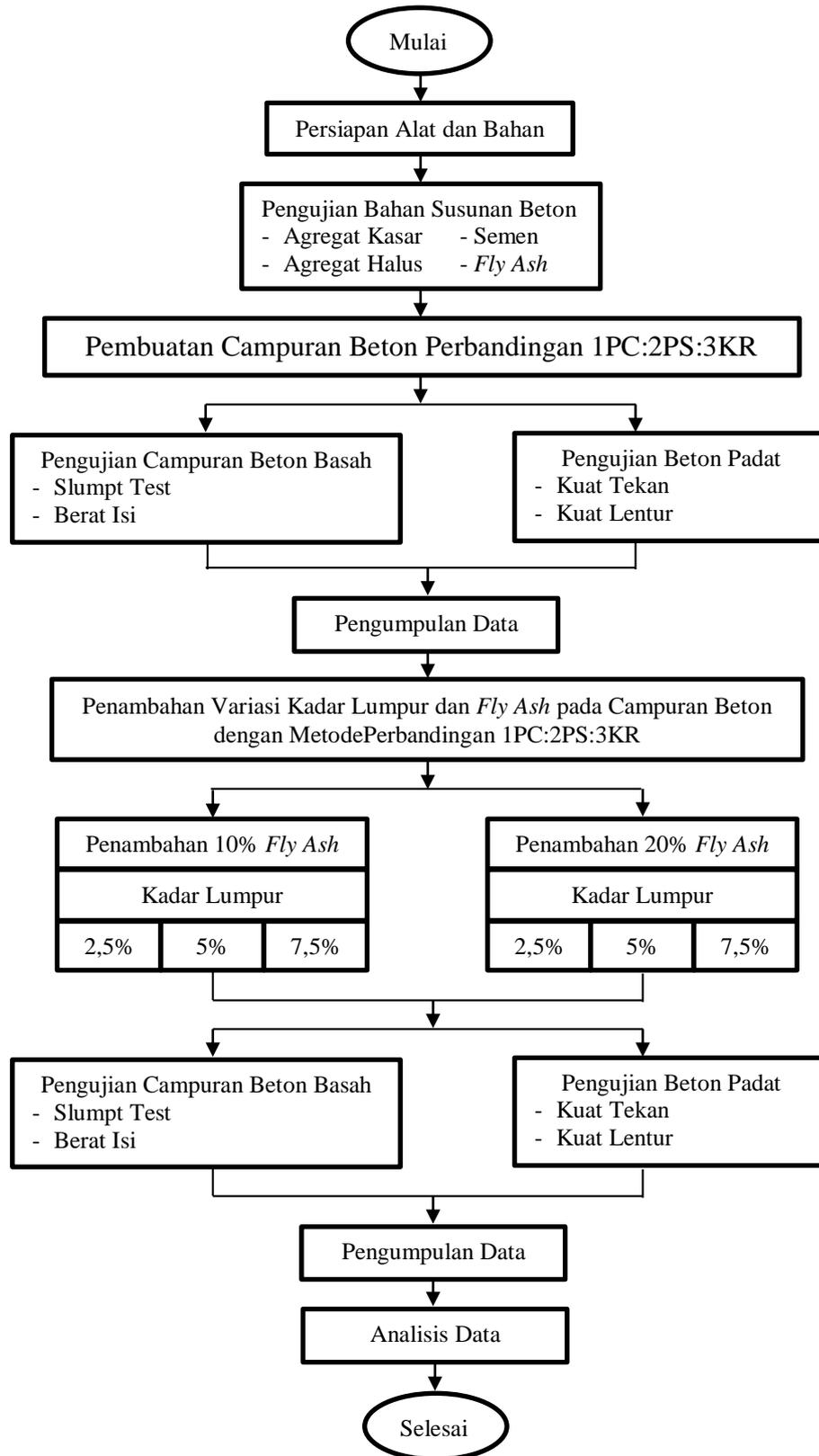
Dalam setiap pekerjaan dalam proyek, sering kali dijumpai tercampurnya lumpur ke dalam suatu campuran beton. Hal ini seringkali diabaikan oleh pekerja. Pada penelitian ini peneliti ingin mengetahui seberapa besar pengaruh lumpur dan *fly ash* terhadap kuat tekan dan kuat lentur campuran beton dengan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR.

Pada proses awal penelitian, peneliti membuat sampel beton dengan metode perbandingan 1PC:2PS:3K. Selanjutnya peneliti membuat sampel beton dengan bahan tambahan lumpur 2,5%, 5%, 7,5% dan *fly ash* 10%, 20%. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan pada umur 14 dan 21 hari untuk masing-masing sampel baik sampel dengan campuran 0% maupun

sampel dengan campuran kadar lumpur dan *fly ash*. Setelah pengujian dilakukan, peneliti membuat analisa perbandingan kuat tekan dan kuat lentur sampel campuran 0% dengan sampel yang sudah di campur dengan bahan tambahan lumpur maupun *fly ash*.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah mengetahui perbandingan kuat tekan dan kuat lentur campuran beton normal maupun dengan bahan tambahan lumpur dan *fly ash* agar dapat meningkatkan daya dukung beton sesuai spesifikasi yang dibutuhkan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberi pengetahuan tambahan bagi semua orang terkait tentang penelitian beton, terutama tentang pengaruh variasi kadar lumpur dan *fly ash* terhadap kuat tekan dan kuat lentur campuran beton dengan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR.

Berdasarkan uraian diatas, kerangka piker dalam penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. 5 Bagan Alur Penelitian

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Sesuai dengan permasalahan yang telah diuraikan, maka dalam penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif. Metodologi penelitian dilakukan dengan cara membuat benda uji (sampel). Benda uji dalam penelitian ini adalah beton normal dan beton yang sudah tercampur oleh lumpur dengan variasi campuran 2,5%, 5%, 7,5% dari berat keseluruhan campuran dan variasi penambahan *fly ash* 10%, 20% dan pada campuran beton dengan kadar lumpur tertentu. Selanjutnya waktu pengujian dilakukan setelah beton berumur 14 hari dan 21 hari.

Pendekatan kuantitatif dalam penelitian ini yaitu analisa pengaruh variasi kadar lumpur yang tertahan saringan No.200 dalam campuran beton dengan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR. Meliputi analisa kuat tekan dan kuat lentur, analisa sifat fisik dan mekanis lumpur, perhitungan slump test, berat isi.

3.2 Lokasi Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Kampus 3 Universitas PGRI Semarang.

3.3 Populasi dan Sampel

Sugiono (1997: 57) menjelaskan bahwa populasi yaitu wilayah generalisasi yang terdiri dari objek atau subjek yang menjadi kuantitas dan karakteristik tertentu yang dapat di tentukan oleh peneliti dan dapat ditarik kesimpulannya. Sedangkan sampel adalah sebagian atau wakil dari populasi yang dimiliki (Arikunto, Suharsini. 1998: 117). Dalam arti sampel adalah sebagian populasi yang diambil sebagai sumber data. Jumlah total sampel yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Jumlah Benda Uji

Campuran		Sampel Silinder		Sampel Balok		Total (Buah)
		14 hari	21 hari	14 hari	21 hari	
0% (standard)		3	3	2	2	70
10% <i>fly ash</i>	2,5% kadar lumpur	3	3	2	2	
	5% kadar lumpur	3	3	2	2	
	7,5% kadar lumpur	3	3	2	2	
20% <i>fly ash</i>	2,5% kadar lumpur	3	3	2	2	
	5% kadar lumpur	3	3	2	2	
	7,5% kadar lumpur	3	3	2	2	
Jumlah		21	21	14	14	

3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan atribut dari sekelompok obyek yang mempunyai variasi antar obyek (Sugiyono.2002). Variabel penelitian dalam penelitian ini ada 2 macam, yaitu variabel bebas (*independent variable*) yang diberi notasi X dan variabel terikat (*dependent variable*) yang diberi notasi Y.

Variabel bebas (X) menentukan perubahan pada variabel terikat (Y), sementara variabel terikat (Y) merupakan variabel yang mendapat pengaruh dari variabel bebas (X). Pada penelitian ini ditentukan bahwa variabel bebasnya (X) adalah beton dengan campuran variasi kadar lumpur dan *fly ash* sedangkan variabel terikatnya (Y) kuat tekan dan kuat lentur beton.

3.5 Desain Penelitian

Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan cara tertentu. Cara ilmiah yang di maksud adalah kegiatan penelitian yang di dasarkan pada ciri-ciri keilmuan yaitu rasional, empiris dan sistematis.

Metode penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini adalah metode penelitian eksperimen. Metode penelitian eksperimen adalah metode

penelitian yang digunakan untuk mempelajari pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain dalam kondisi yang diciptakan (Fathoni.2011:99).

Pada penelitian ini eksperimen yang dilakukan adalah membandingkan kuat tekan dan kuat lentur beton yang menggunakan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR dengan beton eksperimen yang dicampur dengan variasi kadar lumpur dan *fly ash*. Dua kelompok beton tersebut akan melewati serangkaian pengujian yaitu uji kuat tekan dan uji kuat lentur. Dari hasil pengamatan pengujian tersebut diharapkan dapat diketahui pengaruh tercampurnya variasi kadar lumpur dan *fly ash* dalam suatu campuran beton terhadap kuat tekan dan kuat lenturnya

Sampel yang dibuat adalah beton keras dengan perbandingan komposisi campurannya 1PC:2PS:3KR yang kemudian di campur dengan bahan tambahan variasi kadar lumpur dan *fly ash*, yaitu sebagai berikut :

- Bahan pengikat hidrolis dengan komposisi:
 - 10% *fly ash*, 90% semen
 - 20% *fly ash*, 80% semen
- Agregat halus dan agregat kasar dengan komposisi:
 - 2,5% lumpur, 97,5% agregat halus dan agregat kasar
 - 5% lumpur, 95% agregat halus dan agregat kasar
 - 7,5% lumpur, 92,5% agregat halus dan agregat kasar

Beton dengan campuran 0% dibuat terlebih dahulu dengan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR. Sampel beton dengan campuran 0% tersebut dibuat 6 buah berbentuk silinder ukuran \varnothing 15 cm dan t = 30 cm untuk pengujian kuat tekan pada umur 14 hari (3 buah) dan 21 hari (3 buah), serta berbentuk balok 6 buah dengan ukuran 15x15x60 cm untuk pengujian kuat lentur pada umur 14 hari (2 buah) dan 21 hari (2 buah).

Setelah nilai kuat tekan dan kuat lentur diketahui, penambahan kadar lumpur dan *fly ash* dilakukan dengan jumlah dan bentuk sampel yang sama seperti beton campuran 0% untuk keperluan pengujian kuat tekan dan kuat lenturnya, dengan persentase kadar lumpur dan *fly ash* yang berbeda sesuai dengan desain yang ditetapkan.

3.6 Proses Eksperimen

Proses eksperimen merupakan suatu proses atau tahapan-tahapan yang harus dilewati dalam melakukan penelitian agar hasil yang didapat dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan tersistematis.

3.6.1 Tahap Persiapan Alat dan Bahan

Tahapan persiapan merupakan tahapan pertama dalam melakukan penelitian. Dalam hal ini harus menyiapkan segala Sesutu yang dibutuhkan dalam penelitian. Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Alat

- 1) Cetakan Balok, 15cm x 15 cm x 60 cm
- 2) Cetakan Silinder $D = 15 \text{ cm}$, $t = 30 \text{ cm}$
- 3) 1 Set Alat Uji Slump
- 4) 1 Set Alat Uji Waktu Ikat
- 5) Molen (Mesin Pengaduk Beton)
- 6) Timbangan
- 7) Ember

b. Bahan

- 1) Agregat Kasar : Split (dalam keadaan bersih/sudah dicuci)
- 2) Agregat Halus : Pasir (dalam keadaan bersih/sudah dicuci)
- 3) Semen : Semen Tipe I (Semen Gresik)
- 4) Air : Air Tanah (Lab UPGRIS)
- 5) Lumpur
- 6) *Fly Ash*

c. Kebutuhan Bahan

Dalam penelitian ini kami merencanakan membuat sejumlah benda uji beton berbentuk balok ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm dan silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. dengan begitu

kami juga memperhitungkan kebutuhan volume beton rencana untuk keseluruhan benda uji tersebut.

Tabel 3. 2 Jumlah Total Volume Benda Uji yang Dibutuhkan

No	Jenis Uji	Jenis Benda Uji	Ukuran				Jumlah Benda Uji	Volume (m ³)
			p (cm)	l (cm)	t (cm)	Ø (cm)		
1	Kuat Tekan	Silinder			30	15	42	0,21
2	Kuat Lentur	Balok	15	15	60		28	
							Total	0,8

3.6.2 Tahapan Pelaksanaan Pengujian

a. Pengujian Agregat Halus

1) Analisa Ayak Agregat Halus (ASTM C 136-01)

Pengujian dilakukan untuk menentukan pembagian butir / gradasi agregat dengan menggunakan saringan. Pengujian ini selain dilakukan untuk pasir, digunakan juga pengujian limbah adukan beton (CSW).

a) Peralatan

- Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr.
- Satu set saringan
- Oven untuk memanaskan bahan
- Alat pemisah contoh
- Talam
- Kuas, sikat halus, sikat kuning
- Sendok dan alat-alat lainnya

b) Ukuran Saringan

- Ukuran maksimal no.4 : berat minimum 500 gram
- Ukuran maksimal no. 8 : berat minimum 100 gram

c) **Prosedur Pengujian**

Langkah pertama benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap. Kemudian benda uji ditimbang sesuai dengan berat yang di syartkan. Lalu susun saringan, dengan menempatkan saringan paling besar di bagian atas dan pan diletakkan paing bawah. Kemudian agregat dimasukkan dari bagian atas setelah itu di tutup denganpenutup saringan, pengayakan dilakukan dengan mesin pengayak agar hasil ayakan terpisah merata. Pengayakan dilakukan sampai agregat benar-benar terpisah. Kemudian berat agregat pada masing-masing saringan ditimbang.

d) **Perhitungan**

$$FM = \frac{\text{Persen tertahan kumulatif mulai dari saringan } 150\mu\text{m (0,15mm)}}{100}$$

2) Berat Jenis dan Penyerapan Air (ASTM C-128-01)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis dan persentase air yang diserap oleh agregat halus.

a) **Peralatan**

- Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram mempunyai kapasitas 5 kg.
- Keranjang kawat ukuran 3,35 mm atau 2,36 mm dengan kapasitas 1 kg.
- Picnometer dengan kapasitas 500 ml.
- Kerucut terpancung
- Batang penumbuk
- Saringan 4 mm
- Oven
- Pengukur suhu dengan ketelitian 1°C
- Talam

- Bejana tempat air
- Pompa hampa udara (*vacuum pump*)
- Air sungai
- Desikator

b) Bahan

Benda uji yang dilakukan dengan pengujian adalah agregat yang terlewat no.44 (4,75 mm) diperoleh dari alat pemisah.

c) Prosedur Pengujian

- Pertama benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
- Dinginkan benda uji pada suhu ruangan, kemudian direndam dalam air pada suhu ruang selama 24 jam.
- Buang air bekas rendaman dengan hati-hati, jangan sampai ada butiran dari sampel yang hilang, lalu benda uji tersebut ditebarkan diatas talam, kemudian benda uji dikeringkan di udara panas. Pengeringan dilakukan sampai tercapai jenuh permukaan kering (JPK).
- Periksa dalam keadaan JPK dengan mengisi benda uji kedalam kerucut terpancung dalam 3 bagian kemudian dipadatkan sebanyak 25 kali tumbukan, lalu angkat kerucut. Keadaan JPK tercapai jika benda uji runtuh tetapi tingginya tetap.
- Setelah tercapai keadaan JPK, ambil benda uji sebanyak ± 500 gram (Bssd) kemudian dimasukkan kedalam picnometer, lalu dimasukkan air suling sebanyak 90% dari isi picnometer, putar sambil diguncang-guncangkan sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya.
- Rendam picnometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan pada suhu standar 25°C . Lalu air ditambahkan sampai pada batas tertentu.

- Picnometer berisi air dan benda uji ditimbang sampai ketelitian 0,1 gram (BT).
- Keluarkan benda uji, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap, setelah itu benda uji didinginkan dalam desikator. Setelah benda uji dingin lalu ditimbang (BK).
- Tentukan berat picnometer berisi air penuh dan ukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

d) Perhitungan

- Berat jenis (*Bulk Specific Gravity*) $= \frac{Bk}{B+Bssd-BT}$
- Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) $= \frac{Bssd}{B+Bssd-BT}$
- Berat jenis semu (*Apparent Surface Dry*) $= \frac{Bk}{B+BK-BT}$
- Penyerapan Air $= \frac{Bssd-Bk}{Bk} \times 100\%$

Keterangan :

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

Bssd = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (SSD) (gram)

B = Berat picnometer + air (gram)

BT = Berat picnometer + benda uji + air (gram)

3) Berat Isi dan Porositas Agregat Halus (ASTM C 29M-97)

Pengujian bertujuan untuk mendapatkan nilai berat isi dan voids pada agregat, dan membandingkan dengan spesifikasi.

a) Peralatan

- Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
- Talam dalam kapasitas besar.
- Tongkat pemadat diameter 15 mm dan panjang 60 cm.
- Mistar perata (straight edge)

- Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pemegang dengan kapasitas serupa dengan wadah baja pengujian agregat kasar.

b) Bahan

Agregat yang telah di oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap

c) Prosedur Pengujian

(1) Berat Isi Lepas

- Langkah pertama adalah silinder ditimbang kosong dan dicatat beratnya (W_1).
- Kemudian benda uji dimasukkan dengan hati-hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh.
- Lalu benda uji diratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata.
- Kemudian silinder serta isinya ditimbang lalu dicatat (W_2).
- Selanjutnya dihitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

(1) Berat Isi Padat

- Langkah pertama adalah silinder kosong ditimbang dan dicatat beratnya (W_1).
- Kemudian silinder diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal, masing-masing setebal $1/3$ dari tinggi silinder. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada saat dilakukan pemadatan, tongkat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap lapisan. Lalu permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata. Kemudian menimbang

berat silinder serta benda uji dan dicatat (W4). Kemudian dihitung berat benda uji ($W_5 = W_4 - W_1$).

d) Perhitungan

$$\begin{aligned} - \text{ Berat Isi Agregat Lepas} &= \frac{W_3}{V} \\ - \text{ Berat Isi Agregat Padat} &= \frac{W_5}{V} \\ - \text{ Voids} &= \frac{[(S \times W) - M] \times 100}{(S \times W)} \end{aligned}$$

Keterangan:

W_3 = Berat benda uji dalam kondisi lepas (kg)

W_5 = Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan (kg)

V = Volume tabung silinder (lt)

S = *Bulk Specific Gravity* (Berat Jenis) Agregat

M = Berat isi agregat (kg/lt)

W = Density (kerapatan) air = 998 kg/lt = 0,998gr/lt

b. Pengujian Agregat Kasar

1) Analisa Ayak Agregat Kasar (ASTM C 136-01)

Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk menentukan perbandingan butir/gradasi agregat dengan menggunakan saringan.

a) Peralatan

- Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr.
- Satu set saringan
- Oven untuk memanaskan bahan
- Alat pemisah contoh
- Talam
- Kuas, sikat halus, sikat kuningan
- Sendok dan alat-alat lainnya

b) Ukuran Saringan

- Ukuran maksimum 3,5” : berat minimum 35 kg
- Ukuran maksimum 3” : berat minimum 30 kg
- Ukuran maksimum 2,5” : berat minimum 25 kg
- Ukuran maksimum 2” : berat minimum 20 kg
- Ukuran maksimum 1,5” : berat minimum 15 kg
- Ukuran maksimum 1” : berat minimum 10 kg
- Ukuran maksimum 3/4” : berat minimum 5 kg
- Ukuran maksimum 1/4” : berat minimum 2,5 kg
- Ukuran maksimum 3/8” : berat minimum 1 kg

c) Prosedur Pengujian

- Langkah pertama benda uji dikeringkan di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, sampai berat tetap.
- Kemudian benda uji ditimbang sesuai dengan berat yang diisyaratkan
- Lalu susun saringan, dengan menempatkan saringan paling besar dibagian atas. Lalu pan diletakkan pada bagian bawah.
- Kemudian agregat dimasukkan dari bagian atas, lalu bagian atas saringan ditutup dengan penutup saringan.
- Selanjutnya susunan saringan diletakan dalam mesin penggetar saringan (*sieve shaker*).
- Lalu mesin penggetar saringan dijalankan selama ± 15 menit.
- Kemudian menimbang berat agregat yang terdapat pada masing-masing saringan.

d) Perhitungan

Hitung persentase berat benda uji yang tertahan diatas masing-masing ayakan terhadap berat total benda uji.

$$FM = \frac{\text{Persen tertahan kumulatif mulai dari saringan } 150\mu\text{m (0,15mm)}}{100}$$

2) Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (ASTM C-217)

Untuk menentukan berat jenis dan persentase air yang dapat diserap oleh agregat kasar.

a) Peralatan

- Keranjang kawat ukuran 3,35 mm atau 2,36 mm (No. 6 atau No.8) dengan kapasitas 5 kg.
- Tempat air dengan kapasitas dan bentuk sesuai untuk pemeriksaan. Tempat ini harus dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air selalu tetap.
- Timbangan dengan kapasitas 10 kg dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
- Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- Alat pemisah contoh.
- Saringan No. 4 (4,75 mm).

b) Bahan

Benda uji adalah agregat yang tertahan saringan no.4 yang diperoleh dari alat pemisah contoh. Kurang lebih 5 kg.

c) Prosedur Pengujian

- Pertama-tama benda uji dicuci untuk menghilangkan lumpur atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
- Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105°C sampai berat tetap.
- Keluarkan benda uji dari oven, lalu benda uji didinginkan pada suhu kamar sampai 1-3 jam.

- Kemudian benda uji ditimbang dengan ketelitian 0,5 gr (Bk). Selanjutnya rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam.
- Setelah direndam, benda uji dikeluarkan dari air, lalu dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh permukaan kering/SSD). Untuk butir yang besar pengeringan harus satu persatu.
- Kemudian timbang benda uji dalam keadaan jenuh (BJssd).
- Benda uji diletakkan didalam keranjang, lalu benda uji diguncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya didalam air (Ba). Suhu air diukur untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25°C .

d) Perhitungan

$$\text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} = \frac{Bk}{Bssd - Ba}$$

$$\text{Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh} = \frac{Bssd}{Bssd - Ba}$$

$$\text{Berat Jenis Semu (Apparent)} = \frac{Bk}{Bk - Ba}$$

$$\text{Penyerapan Air (Absorption)} = \frac{Bssd - Bk}{Bk} \times 100\%$$

Keterangan :

Bk = Berat benda uji kering oven (gr)

Bssd = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gr)

Ba = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gr)

3) Berat Isi dan Porositas Agregat Kasar (ASTM C 29M-97)

Pengujian bertujuan untuk mendapatkan nilai berat isi dan voids pada agregat, dan membandingkan dengan spesifikasi.

a) Peralatan

- Timbangan dengan ketelitian 0,1 kg

- Talam dengan kapasitas besar
- Tongkat pemadat diameter 15 mm dan panjang 60 cm
- Mistar perata (straight edge)
- Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pemegang, berkapasitas sebagai berikut:

Tabel 3. 3 Macam-Macam Wadah Baja Silinder

Kapasitas (liter)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Tebal Tempat		Ukuran Butir Max (mm)
			Minimum Dasar	Minimum Sisi	
2.651	150.4	150.9	5.08	2.54	12.7
7.069	203.2	252.1	5.08	2.54	25.4
14.158	254.0	279.4	5.08	3.00	38.1
28.316	355.6	284.4	5.08	3.00	101.6

b) Bahan

Agregat yang telah di oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.

c) Prosedur Pengujian

(1) Berat Isi Lepas

- Langkah pertama adalah silinder ditimbang kosong dan dicatat beratnya (W1).
- Kemudian benda uji dimasukkan dengan hati-hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh.
- Lalu benda uji diratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata. Kemudian silinder serta isinya ditimbang lalu dicatat (W2). Selanjutnya dihitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$).

(2) Berat Isi Padat

- Langkah pertama adalah silinder kosong ditimbang dan dicatat beratnya (W1).
- Kemudian silinder diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal, masing-masing setebal 1/3 dari tinggi silinder.
- Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada saat dilakukan pemadatan, tongkat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap lapisan.
- Lalu permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata. Kemudian menimbang berat silinder serta benda uji dan dicatat (W4). Kemudian dihitung berat benda uji ($W5 = W4 - W1$).

d) Perhitungan

- Berat Isi Agregat Lepas $= \frac{W_3}{V}$
- Berat Isi Agregat Padat $= \frac{W_5}{V}$
- Voids $= \frac{[(S \times W) - M] \times 100}{(S \times W)}$

Keterangan:

W3= Berat benda uji dalam kondisi lepas (kg)

W5= Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan (kg)

V = Volume tabung silinder (lt)

S = *Bulk Specific Gravity* (Berat Jenis) Agregat

M = Berat isi agregat (kg/lt)

W = Density (kerapatan) air = 998 kg/lt = 0,998gr/lt

c. Pengujian Semen dan *Fly Ash***1) Berat Isi dan Porositas Agregat Tambahan (ASTM C 29M-97)**

Pengujian bertujuan untuk mendapatkan nilai berat isi dan voids pada agregat, dan membandingkan dengan spesifikasi.

a) Peralatan

- Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
- Talam dalam kapasitas besar.
- Tongkat pemadat diameter 15 mm dan panjang 60 cm.
- Mistar perata (*straight edge*)
- Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pemegang dengan kapasitas serupa dengan wadah baja penguji agregat kasar

b) Bahan

Agregat yang telah di oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.

c) Prosedur Pengujian**(1) Berat Isi Lepas**

- Langkah pertama adalah silinder ditimbang kosong dan dicatat beratnya (W1).
- Kemudian benda uji dimasukkan dengan hati-hati supaya tidak terjadi pemisahan butiran, dari ketinggian maksimum 5 cm diatas silinder dengan menggunakan sekop sampai penuh.
- Lalu benda uji diratakan permukaannya dengan menggunakan mistar perata.
- Kemudian silinder serta isinya ditimbang lalu dicatat (W2).
- Selanjutnya dihitung berat benda uji ($W3 = W2 - W1$).

(2) Berat Isi Padat

- Langkah pertama adalah silinder kosong ditimbang dan dicatat beratnya (W1).
- Kemudian silinder diisi dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal, masing-masing setebal 1/3 dari tinggi silinder. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada saat dilakukan pemadatan, tongkat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap lapisan. Lalu permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata. Kemudian menimbang berat silinder serta benda uji dan dicatat (W4). Kemudian dihitung berat benda uji ($W5 = W4 - W1$).

d) Perhitungan

- Berat Isi Agregat Lepas $= \frac{W_3}{V}$
- Berat Isi Agregat Padat $= \frac{W_5}{V}$
- Voids $= \frac{[(S \times W) - M] \times 100}{(S \times W)}$

Keterangan:

W3 = Berat benda uji dalam kondisi lepas (kg)

W5 = Berat benda uji dalam kondisi dipadatkan (kg)

V = Volume tabung silinder (lt)

S = *Bulk Specific Gravity* (Berat Jenis) Agregat

M = Berat isi agregat (kg/lt)

W = Density (kerapatan) air = 998 kg/lt = 0,998gr/lt

3.6.3 Pembuatan Benda Uji

Material yang akan digunakan dalam benda uji dipersiapkan terlebih dahulu. Sebelum melakukan pengecoran, dilakukan pengecekan kembali jumlah takaran material yang sudah disiapkan. Banyaknya

bahan untuk pengadukan tergantung dari volume sampel yang akan dibuat, serta banyaknya pengujian yang akan dilakukan.

a. Peralatan

- 1) Mesin pengaduk beton atau *concrete mixer*
- 2) Timbangan kapasitas 100 kg dengan ketelitian 100 gram.
- 3) Ember besar atau tempat bahan lainnya.
- 4) Alat penakar bahan.
- 5) Satu set alat penguji slump.
- 6) Satu set alat penguji berat isi.
- 7) Satu set alat pengujian waktu pengikatan.
- 8) Cetakan kubus 15cm x 15cm x 60 cm.
- 9) Cetakan silinder $h = 30$ cm, $d = 15$ cm

b. Bahan

1) Agregat Kasar

Dilakukan pengecekan ulang untuk mengetahui takaran kebutuhan agregat kasar split dalam satu kali pengadukan agar hasil rencana campuran dapat tercapai.

2) Agregat Halus

Dilakukan pengecekan kebutuhan pasir dalam satu kali pengadukan, sehingga hasil rencana campuran tercapai.

3) Semen

Dilakukan pengecekan takaran berat semen dan kondisi fisik semen, sudah terjadi pengerasan atau belum. Kalau sudah terjadi pengerasan maka semen tidak bisa digunakan dan harus diganti

4) Bahan Tambah

– Lumpur

Dilakukan pengecekan ulang untuk takaran serta berat lumpur agar sesuai dengan variasi persentase campuran yang diinginkan.

– *Fly Ash*

Dilakukan pengecekan ulang untuk takaran serta berat *fly ash* agar sesuai dengan variasi persentase campuran yang diinginkan.

c. Prosedur

- 1) Lakukan pencucian terhadap agregat halus dan agregat kasar.



Gambar 3. 1 Agregat Halus
Sebelum dicuci



Gambar 3. 2 Agregat Halus
Setelah dicuci



Gambar 3. 3 Agregat Kasar
Sebelum dicuci



Gambar 3. 4 Agregat Kasar
Setelah dicuci

- 2) Setelah proses pencucian agregat, takarlah bahan-bahan penyusun beton sesuai dengan komposisi 1PC:2PS:3KR.



Gambar 3. 5 Satu Bagian Semen



Gambar 3. 6 Dua Bagian Agregat Halus



Gambar 3. 7 Tiga Bagian Agregat Kasar

- 3) Masukkan semua bahan-bahan tersebut kedalam *concrete mixer* (basahi dahulu agregat kasarnya untuk mendapatkan kondisi SSD sebelum dimasukkan dalam *concrete mixer*). Lakukan dengan memasukkan agregat kasar terlebih dahulu, kemudian agregat halus, semen dan yang terakhir tambahkan air sesuai dengan nilai fas yang digunakan.
- 4) Tunggulah semua bahan menjadi campuran yang homogen.
- 5) Setelah diperoleh campuran yang homogen, letakkan talang didepan *concrete mixer* sehingga tumpahan beton segar jatuh kedalam talang.
- 6) Buka pengunci tuas pengungkit lalu gulingkan corong *concrete mixer* kearah talang, sehingga beton segar tumpah kedalam talang.



Gambar 3. 8 Penuangan Beton Segar kedalam Talang

- 7) Beton segar siap digunakan. Sebelum beton segar dimasukkan kedalam cetakan, beton segar terlebih dahulu di uji *workability*. Pengujian *workability* menggunakan alat slump.
- 8) Setelah selesai pengujian slump, dilanjutkan dengan pengujian berat isi beton segar.
- 9) Untuk pembuatan sampel beton keras, beton segar dimasukkan dalam cetakan yang di lumasi dengan bahan pelumas terlebih dahulu.
- 10) Sampe dimasukkan dalam cetakan dalam tiga lapis, setiap lapisan dipadatkan 25 kali dengan tongkat pematat.



Gambar 3. 9 Proses Memasukkan Beton Segar kedalam Cetakan

- 11) Selanjutnya ratakan permukaan cetakan dengan mistar perata. Pada permukaan diberi tanda agar tidak tertukar dengan sampel lain.
- 12) Setelah itu benda uji disimpan di tempat perawatan atau *curing tank* atau di tempat teduh dan lembab. Jika udara panas maka sampe ditutup dengan karung lembab.

3.6.4 Pengujian Campuran Beton Basah

a. Pengujian Slump (SNI 03 – 1972 - 1990)

Pengujian ini dilakukan untuk mencari nilai slump pada beton segar, melihat perbandingan antara nilai slump dengan kuat tekan beton yang tercapai.

- 1) Peralatan
 - a) Kerucut Abram, yaitu kerucut terpancung dengan ukuran diameter bawah 20 cm dan diameter atasnya 10 cm dengan tinggi 30 cm.
 - b) Plat baja tahan karat untuk alas pengujian.
 - c) Tongkat pemadat diameter 2 cm dan panjang 50 cm.
 - d) Mistar pengukur.
- 2) Prosedur
 - a) Bagian dalam slump serta landasannya dilumasi dengan kain basah, supaya tidak menyerap air dari sampel.
 - b) Alat slump di letakkan di tempat yang datar, tahan kerucut terpancung dengan cara menekan dengan kedua tangan pada bagian atas agar tidak terangkat pada saat beton dimasukkan.
 - c) Selanjutnya beton dimasukkan dalam tiga lapisan.
 - d) Setiap lapisan dipadatkan dengan pemadat sebanyak 25 kali. Setelah penuh diratakan permukaannya dengan mistar
 - e) Kemudian angkat secara perlahan vertical keatas kerucut abramnya.

- f) Bandingkan tinggi cetakan dengan tinggi beton, lalu hasil dari pengukuran dicatat.

b. Pengujian Berat Isi Beton (ASTM C 138-01a)

1) Peralatan

- a) Timbangan kapasitas 25 kg dengan ketelitian 0,1 gr
- b) Sekop
- c) Tongkat pemadat
- d) Mistar perata
- e) Mistar pengukur
- f) Tabung silinder

2) Prosedur pengujian

- a) Menyiapkan alat-alat yang digunakan
- b) Tabung silinder lebih dari 11 liter terlebih dahulu di uji dengan alat slump. Jika nilai slumple lebih dari 75 mm harus dipadatkan dengan tongkat pemadat, apabila nilai slump kurang dari 25 mm harus dengan vibrator.
- c) Selanjutnya timbang tabung silinder A (gram)
- d) Kemudian hitung volume tabung silinder. Pengukuran volume dapat diperoleh dengan cara diukur biasa atau dengan diisi air. Dengan cara diisi air yaitu tabung diletakkan diatas timbangan yang datar lalu masukkan air kedalam tabung sampai penuh, lalu catat beratnya B (gram). Volume tabung dapat dihitung dengan mengkonversi berat air dengan berat isi air (= 1 kg/liter), jadi volume tabung adalah B-A
- e) Selanjutnya adalah memasukkan beton segar kedaam tabung dan memadatkannya, adapun aturan untuk pemadatan adalah sebagai berikut :

- Pemadatan dengan tongkat pemadat dilakukan dengan cara memasukkan beton segar ke dalam tabung dengan tuga lapis yang sama volumenya
- Setiap lapisan dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali untuk tabung berukuran 14 liter, sedangkan yang berukuran 28 liter dipadatkan sebanyak 50 kali.
- Padatkan dengan tongkat secara saling silang. pada lapisan pertama pemadatan sampai lapisan bawah, tapi jangan sampai dasar tabung, pada lapisan kedua dan ketiga tongkat pemadat harus masuk sedalam 25 mm
- Setelah penuh permukaan diratakan kemudian ditimbang C (gram)

3) Perhitungan

$$\text{Berat Isi (W)} = \frac{C-A}{B} \text{ gr/ltr atau kg/ltr}$$

Keterangan :

A = berat tabung (kg)

B = volume tabung (M³)

C = berat tabung + adukan (kg)

3.6.5 Pengujian Beton Padat

a. Kuat Tekan Beton (SNI 03-1974-1990)

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk membandingkan kuat tekan hasil pengujian beton dengan variasi penambahan lumpur dan *fly ash* dengan kuat tekan beton metode 1PC:2PS:3KR tanpa penambahan bahan lain.

1) Peralatan

- a) Mesin kuat tekan
- b) Timbangan kapasitas 25 kg dengan ketelitian 0,01 kg.

c) Mistar ukur

2) Prosedur

- a) Beton berbentuk silinder yang telah dirawat sampai hari pengujian diambil dari tempat perawatan. Kemudian permukaannya dilap hingga kering, setelah itu diberi tanda agar tidak tertukar.
- b) Timbang benda uji, setelah itu lakukan pengukuran panjang, lebar dan tingginya. Luas benda uji yang akan ditekan dicatat (A) cm². Setelah itu masukkan dalam mesin tekan
- c) Mesin tekan disiapkan, kabel listrik dihubungkan antara mesin tekan dengan arus listrik.
- d) Mesin penekan diatur agar jarak antara plat atas dan bawah tidak jauh, yaitu dengan meletakkan plat sebagai ganjal. Diusahakan setelah benda uji dipasang pada mesin tekan, jarak antara sampel dan plat tidak lebih dari 1 cm.
- e) Atur jarum penunjuk sampai menunjukkan angka 0 (nol) dengan memutarnya.
- f) Setelah itu mesin tekan di jalankan dengan tombol start. Kemudian tombol rapid approach ditekan agar sampel terangkat menempel pada plat atas besi tekan.
- g) Lepas tombol rappid approach, sehingga mesin bergerak sendiri. Kecepatan pembebanan diatur dengan memutar load rate antara 0,14-0,34 Mpa/detik.
- h) Bila sudah mencapai maksimum, jarum berhenti dan kembali ke angka nol. Pada saat tersebut dicatat besar beban maksimum P maks (KN).
- i) Segera mesin uji dihentikan dengan menekan tombol stop.

3) Perhitungan

$$\text{Kuat Tekan (Xi)} = \frac{P_{\max}}{A} \text{ kg/cm}^2 \text{ atau N/mm}^2$$

$$\text{Kuat Tekan Rata-rata} = \frac{\sum X_i}{n}$$

Keterangan :

P = Beban Maksimum (kg)

A = Luas Benda Uji (cm)

n = Jumlah Benda Uji

b. Kuat Lentur Beton (SNI 03-4154-1996)

1) Peralatan

- a) Mesin uji tekan yang mempunyai ketelitian pembacaan 0,5 KN
- b) Mistar ukur
- c) Alat kaping
- d) Gerinda
- e) Pita kulit

2) Prosedur

- a) Mesin uji dan balok-balok disiapkan
- b) Balok uji diletakkan simetris atas kedua balok tumpuan dengan sisi samping bidang bekas cetakan sebagai bidang atas dan bidang bawah
- c) Balok beban diletakkan di tengah-tengah antara kedua balok tumpuan dengan posisi sejajar
- d) Balok diturunkan perlahan-lahan sampai menempel pada bidang atas balok, dan memberikan beban 3% sampai 6% beban maksimum yang tercapai
- e) Celah diantara permukaan balok uji dan permukaan balok beban serta balok tumpuan diamati dan diukur, bila ada celah lebih 0,38 mm maka pada bagian tersebut di gerinda atau diratakan dengan kaping.

- f) Celah yang besarnya 0,10 sampai 0,38 mm dapat dihilangkan dengan gerinda diberi kaping atau di pasang pita kulit sepanjang bidang permukaan balok
- g) Kecepatan pembebanan harus kontinu tanpa menimbulkan efek kejutan. Pada pembebanan $\pm 30\%$ dari beban maksimum kecepatan pembebanan boleh lebih cepat dari 6 KN
- h) Sesudah itu, sampai terjadi keruntuhan balok uji, kecepatan pembebanan antara 4,3 sampai 6 KN per menit
- i) Lebar dan tinggi penampang adalah lebar rata-rata dan tinggi rata-rata minimum dari tiga pengukuran
- j) Jika patahan terdapat pada tempat yang diberi kaping, maka tinggi rata-rata ditambah tebal kaping.

3) Perhitungan

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{PL}{h^3}$$

Keterangan :

- σ : kuat lentur beton (MPa)
- P : beban maksimum (N)
- L : panjang bentang (mm)
- h : panjang sisi balok (mm)

c. Berat Isi Kering Keras

1) Peralatan

- a) Timbangan kapasitas 25kg dengan ketelitian 0,1 gram
- b) Skop baja
- c) Tongkat pemadat diameter 16 mm panjang 600mm
- d) Mistar perata
- e) Mistar pengukur
- f) Tabung silinder

2) Prosedur

- a) Timbang sampel beton yang telah mengeras, catat hasilnya.
- b) Hitung volume silinder cetakan.

3) Perhitungan

$$\text{Berat Isi Kering (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Berat Sampel}}{\text{Volume Sampel}}$$

3.7 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan suatu hal yang sangat penting dalam sebuah penelitian. Oleh sebab itu dalam pengumpulan data terdapat teknik maupun metoda yang digunakan. Dalam penelitian ini, teknik pengambilan data yang digunakan adalah metode observasi.

Metode observasi yaitu pengambilan data dengan cara pengamatan langsung melalui penelitian terhadap pengaruh penambahan lumpur dan *fly ash* pada campuran beton. Data primer diperoleh dengan pengujian yang dicatat dan digunakan untuk pembahasan, analisa data dan laporan.

Data yang diperoleh dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi 2 macam yaitu :

1. Data Primer, yaitu data yang diperoleh dari hasil pengujian eksperimen dan pengamatan di laboratorium.
2. Data Sekunder, yaitu data yang diperoleh dari literature/referensi berupa buku-buku relevan dan jurnal penelitian yang dapat menunjang berlangsungnya penelitian.

3.8 Teknik Analisis Data

Tahap ini adalah tahap analisis data untuk menguji hipotesis dan membuat interpretasi data dan hasil penelitian. Kemudian peneliti memutuskan menyusun data-data mana saja yang akan dilaporkan dan menguraikannya kedalam kesimpulan yang tepat.

Pada penelitian ini digunakan teknik analisis data kuantitatif deskriptif. Maksud dari kuantitatif deskriptif adalah mendeskripsikan suatu gejala yang telah direkam melalui alat ukur kemudian diolah sesuai fungsinya. Hasil pengolahan tersebut kemudian di paparkan dalam bentuk angka maupun statistic. Dengan kata lain pada penelitian ini digunakan metode statistik deskriptif, yaitu menganalisa data angka agar dapat memberikan gambaran secara teratur, ringkasan dan jelas mengenai pengaruh penambahan lumpur dan *fly ash* pada campuran beton terhadap kuat tekan dan kuat lenturnya, sehingga dapat ditarik kesimpulan akhir.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Pelaksanaan pengujian secara keseluruhan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas PGRI Semarang. Untuk mengetahui hasil analisa pengaruh variasi kadar lumpur dan *fly ash* terhadap kuat tekan dan kuat lentur campuran beton dengan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR, pengujian-pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengujian agregat halus dan agregat kasar
 - Pengujian gradasi
 - Pengujian berat jenis dan penyerapan
 - Pengujian berat isi (lepas dan padat)
2. Pengujian semen dan *fly ash*
 - Pengujian berat isi (lepas dan padat)
3. Pengujian lumpur tidak dilakukan karena pada penelitian ini lumpur dianggap tidak sengaja tercampur dan akan diteliti seberapa besar pengaruhnya terhadap kuat tekan dan kuat lentur campuran beton metode perbandingan 1PC:2PS:3KR.
4. Pengujian campuran beton segar
 - Pengujian *slump* test
 - Pengujian berat isi beton segar
5. Pengujian beton padat
 - Pengujian berat isi kering
 - Pengujian kuat tekan
 - Pengujian kuat lentur

Pengujian material agregat halus dan agregat kasar merupakan pengujian awal yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik agregat halus dan agregat kasar sebelum proses penyusunan campuran beton yang mengacu pada ASTM dan SNI. Setelah memperoleh data-data pengujian, maka dilakukan penyusunan campuran beton yang mengacu pada metode

perbandingan 1PC:2PS:3KR dengan komposisi variasi penambahan kadar lumpur dan *fly ash* yang berbeda-beda. Berikut komposisi variasi bahan penyusun campuran beton yang akan dilakukan penelitian:

Tabel 4. 1 Komposisi Variasi Penelitian

Komposisi Agregat Halus dan Agregat Kasar		Bahan Pengikat Hidrolis		Air
Pasir dan Split	Lumpur	Semen	<i>Fly Ash</i>	
997,5%	2,5%	90%	10%	100%
995,0%	5,0%			
992,5%	7,5%			
997,5%	2,5%	80%	20%	
995,0%	5,0%			
992,5%	7,5%			

Tabel 4. 2 Jumlah Benda Uji

Campuran		Sampel Silinder		Sampel Balok		Total (Buah)
		14 hari	21 hari	14 hari	21 hari	
0% (standard)		3	3	2	2	70
10% <i>fly ash</i>	2,5% kadar lumpur	3	3	2	2	
	5% kadar lumpur	3	3	2	2	
	7,5% kadar lumpur	3	3	2	2	
20% <i>fly ash</i>	2,5% kadar lumpur	3	3	2	2	
	5% kadar lumpur	3	3	2	2	
	7,5% kadar lumpur	3	3	2	2	
Jumlah		21	21	14	14	

Hasil penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi kadar lumpur dan *fly ash* terhadap kuat tekan dan kuat lentur campuran beton dengan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR. Hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

4.1.1 Pengujian Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir muntilan. Sebelum penyusunan campuran beton, penulis melakukan serangkaian pengujian terhadap agregat halus untuk mengetahui karakteristiknya.

1. Pengujian Gradasi

Pengujian gradasi dilakukan untuk menentukan pembagian butir/gradasi agregat dengan menggunakan saringan. Dalam percobaan pengujian gradasi sampel agregat halus yang digunakan sebesar 500 gram. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali dengan sampel yang berbeda-beda tiap percobaannya. Hasil pengujian gradasi dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4. 3 Analisa Gradasi Agregat Halus

Diameter Saringan	Berat Agregat Tertahan Saringan			Persentase Tertahan (%)			Persentase Lolos (%)			Rata-Rata
	Percobaan			Percobaan			Percobaan			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
2"	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
1,5"	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
3/4"	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
3/8"	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
#4	5	5	5	1	1	1	99	99	99	99
#8	25	25	20	6	6	5	94	94	95	94,33
#16	80	80	75	22	22	20	78	78	80	78,67
#30	80	80	85	38	38	37	62	62	63	62,33
#50	140	135	145	66	65	66	34	35	34	34,33
#100	125	130	125	91	91	91	9	9	9	9
Pan	45	45	45	100	100	100	0	0	0	0



Gambar 4. 1 Pengujian Gradasi

2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Pengujian berat jenis dan penyerapan dilakukan untuk menentukan berat jenis dan persentase air yang diserap oleh agregat halus. Percobaan pengujian berat jenis dan penyerapan dilakukan sebanyak tiga kali dengan sampel yang berbeda-beda. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4. 4 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

	Pemeriksaan	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD)	500	500	500	
B	Berat contoh kering oven	492,30	493,10	492,70	
C	Berat labu + aquades (temperatur 25°C)	661,20	663,10	662,30	
D	Berat labu + contoh + aquades (temperatur 25°C)	983,10	977,50	969,80	
E	Berat jenis <i>bulk</i> = $(B)/(C+A-D)$	2,76	2,66	2,56	2,66
F	Berat jenis SSD = $(A)/(C+A-D)$	2,81	2,69	2,60	2,70
G	Berat jenis semu (<i>Apparent</i>) = $(B)/(C+B-D)$	2,89	2,76	2,66	2,77
H	Penyerapan (<i>Absorption</i>) = $\{(A-B)/(B)\} \times 100\%$	1,56	1,40	1,48	1,48



Gambar 4. 2 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

3. Pengujian Berat Isi Lepas dan Padat

Pengujian berat isi dilakukan untuk mendapatkan nilai berat isi dan *voids* pada agregat halus. Hasil pengujian berat isi lepas dan padat dapat dilihat pada tabel 4.5 dan 4.6

Tabel 4. 5 Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Halus

	Pengukuran	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat Tabung Silinder (gr)	3110			
B	Volume Tabung (cm ³)	3918,72			
C	Berat Tabung + Agregat (gr)	7835	7850	7855	7846,67
D	Berat Agregat [C-A] (gr)	4725	4740	4745	4736,67
E	Berat Isi Lepas [D/B] (gr/cm ³)	1,21	1,21	1,21	1,21

Tabel 4. 6 Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus

	Pengukuran	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat Tabung Silinder (gr)	3110			
B	Volume Tabung (cm ³)	3918,72			
C	Berat Tabung + Agregat (gr)	8995	8990	7855	8613,33
D	Berat Agregat [C-A] (gr)	5885	5880	4745	5503,33
E	Berat Isi Padat [D/B] (gr/cm ³)	1,50	1,50	1,21	1,40

$$\begin{aligned}
 \text{Voids Lepas} &= \frac{[(S \times W) - \text{Berat Isi Lepas Agg}]}{(S \times W)} \times 100\% \\
 &= \frac{[(2,66 \times 0,998) - 1,21]}{(2,66 \times 0,998)} \times 100\% \\
 &= 54,42 \% \\
 \text{Voids Padat} &= \frac{[(S \times W) - \text{Berat Isi Padat Agg}]}{(S \times W)} \times 100\% \\
 &= \frac{[(2,66 \times 0,998) - 1,40]}{(2,66 \times 0,998)} \times 100\% \\
 &= 47,26 \%
 \end{aligned}$$

Keterangan:

S = *Bulk Specific Gravity* (Berat Jenis *Bulk* Agregat)

W = *Density* (kerapatan) air = 998 kg/lit = 0,998 gr/lit



Gambar 4. 3 Pengujian Berat Isi Agregat Halus

4.1.2 Pengujian Agregat Kasar

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah ukuran 10-20 mm. Sebelum penyusunan campuran beton, penulis melakukan serangkaian pengujian terhadap agregat kasar untuk mengetahui karakteristiknya.

1. Pengujian Gradasi

Pengujian gradasi dilakukan untuk menentukan pembagian butir/gradasi agregat dengan menggunakan saringan. Dalam

percobaan pengujian gradasi sampel agregat kasar yang digunakan sebesar 1000 gram. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali dengan sampel yang berbeda-beda tiap percobaannya. Hasil pengujian gradasi dapat dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4. 7 Analisa Gradasi Agregat Kasar

Diameter Saringan	Berat Agregat Tertahan Saringan			Persentase Tertahan (%)			Persentase Lolos (%)			Rata-Rata
	Percobaan			Percobaan			Percobaan			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
2"	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
1,5"	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
3/4"	25	30	30	2,5	3	3	97,5	97	97	97,17
3/8"	640	650	645	66,5	68	67,5	33,5	32	32,5	32,67
#4	280	275	280	94,5	95,5	95,5	5,5	4,5	4,5	4,83
#8	55	45	45	100	100	100	0	0	0	0
#16	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0
#30	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0
#50	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0
#100	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0
Pan	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0



Gambar 4. 4 Penggorengan Agregat Kasar Sebelum Pengujian Gradasi

2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Pengujian berat jenis dan penyerapan dilakukan untuk menentukan berat jenis dan persentase air yang diserap oleh agregat kasar. Percobaan pengujian berat jenis dan penyerapan dilakukan sebanyak tiga kali dengan sampel yang berbeda-beda. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan dapat dilihat pada tabel 4.8

Tabel 4. 8 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

	Pemeriksaan	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat Contoh Kering Oven	945	950	960	
B	Berat Contoh Jenuh Kering Permukaan (SSD)	960	960	975	
C	Berat Contoh dalam Air	620	625	625	
D	Berat Jenis <i>Bulk</i> = (A)/(B-C)	2,78	2,84	2,74	2,79
E	Berat Jenis SSD = (B)/(B-C)	2,82	2,87	2,79	2,82
F	Berat Jenis Semu = (A)/(A-C)	2,91	2,92	2,87	2,90
G	Penyerapan (<i>Absorption</i>) = $\{(B-A)/(A)\} \times 100\%$	1,59	1,05	1,56	1,40



Gambar 4. 5 Penimbangan Agregat Kasar dalam Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

3. Pengujian Berat Isi Lepas dan Padat

Pengujian berat isi dilakukan untuk mendapatkan nilai berat isi dan *voids* pada agregat halus. Dalam percobaan pengujian berat isi, tiap sampel dilakukan percobaan sebanyak tiga kali dengan sampel

yang berbeda-beda tiap percobaannya. Hasil pengujian berat isi lepas dan padat dapat dilihat pada tabel 4.9 dan 4.10

Tabel 4. 9 Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Kasar

	Pengukuran	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat Tabung Silinder (gr)	3110			
B	Volume Tabung (cm ³)	3918,72			
C	Berat Tabung + Agregat (gr)	8420	8435	8440	8431,67
D	Berat Agregat [C-A] (gr)	5310	5325	5330	5321,67
E	Berat Isi Lepas [D/B] (gr/cm ³)	1,36	1,36	1,36	1,36

Tabel 4. 10 Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar

	Pengukuran	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat Tabung Silinder (gr)	3110			
B	Volume Tabung (cm ³)	3918,72			
C	Berat Tabung + Agregat (gr)	9035	9045	9050	9043,33
D	Berat Agregat [C-A] (gr)	5925	5935	5940	5933,33
E	Berat Isi Padat [D/B] (gr/cm ³)	1,51	1,51	1,52	1,51

$$\text{Voids Lepas} = \frac{[(S \times W) - \text{Berat Isi Lepas Agg}]}{(S \times W)} \times 100\%$$

$$= \frac{[(2,82 \times 0,998) - 1,36]}{(2,82 \times 0,998)} \times 100\%$$

$$= 51,68 \%$$

$$\text{Voids Padat} = \frac{[(S \times W) - \text{Berat Isi Padat Agg}]}{(S \times W)} \times 100\%$$

$$= \frac{[(2,82 \times 0,998) - 1,51]}{(2,66 \times 0,998)} \times 100\%$$

$$= 46,35 \%$$

Keterangan:

S = *Bulk Specific Gravity* (Berat Jenis *Bulk* Agregat)

W = *Density* (kerapatan) air = 998 kg/lit = 0,998 gr/lit



Gambar 4. 6 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

4.1.3 Pengujian Semen

Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen tipe 1 dengan merek Semen Gresik. Sebelum penyusunan campuran beton, penulis melakukan pengujian berat isi lepas dan padat terhadap semen untuk mendapatkan nilai berat isi pada semen.

Dalam percobaan pengujian berat isi, tiap sampel dilakukan percobaan sebanyak tiga kali dengan sampel yang berbeda-beda tiap percobaannya. Hasil pengujian berat isi lepas dan padat dapat dilihat pada tabel 4.11 dan 4.12

Tabel 4. 11 Pengujian Berat Isi Lepas Semen

	Pengukuran	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat Tabung Silinder (gr)	3110			
B	Volume Tabung (cm ³)	3918,72			
C	Berat Tabung + Agregat (gr)	7330	7345	7340	7338,33
D	Berat Agregat [C-A] (gr)	4220	4235	4230	4228,33
E	Berat Isi Lepas [D/B] (gr/cm ³)	1,08	1,08	1,08	1,08

Tabel 4. 12 Pengujian Berat Isi Padat Semen

	Pengukuran	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat Tabung Silinder (gr)	3110			
B	Volume Tabung (cm ³)	3918,72			
C	Berat Tabung + Agregat (gr)	8300	8315	8310	8308,33
D	Berat Agregat [C-A] (gr)	5190	5205	5200	5198,33
E	Berat Isi Padat [D/B] (gr/cm ³)	1,32	1,33	1,33	1,33



Gambar 4. 7 Pengujian Berat Isi Semen

4.1.4 Pengujian *Fly Ash*

Pada penelitian ini dilakukan pengujian berat isi lepas dan padat terhadap *fly ash* untuk mendapatkan nilai berat isi pada *fly ash*. Hasil pengujian berat isi lepas dan padat dapat dilihat pada tabel 4.13 dan 4.14

Tabel 4. 13 Pengujian Berat Isi Lepas *Fly Ash*

	Pengukuran	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat Tabung Silinder (gr)	3110			
B	Volume Tabung (cm ³)	3918,72			
C	Berat Tabung + Agregat (gr)	7725	7730	7725	7726,67
D	Berat Agregat [C-A] (gr)	4615	4620	4615	4616,67
E	Berat Isi Lepas [D/B] (gr/cm ³)	1,18	1,18	1,18	1,18

Tabel 4. 14 Pengujian Berat Isi Padat *Fly Ash*

	Pengukuran	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat Tabung Silinder (gr)	3110			
B	Volume Tabung (cm ³)	3918,72			
C	Berat Tabung + Agregat (gr)	8575	8590	8580	8581,67
D	Berat Agregat [C-A] (gr)	5465	5480	5470	5471,67
E	Berat Isi Padat [D/B] (gr/cm ³)	1,39	1,40	1,40	1,40

Gambar 4. 8 Pengujian Berat Isi *Fly Ash*

4.1.5 Penyusunan Campuran Beton

Dalam penyusunan campuran beton dilakukan berdasarkan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR yang terdiri dari 1 bagian semen, 2 bagian agregat halus dan 3 bagian agregat kasar. Campuran benda uji yang digunakan merupakan campuran antara semen tipe 1 merk gresik, pasir muntlan, split ukuran 10-20 mm dan air. Pengujian beton dilakukan pada umur 14 dan 21 hari, adapun hasil perbandingan yang dilakukan dalam pembuatan beton normal dapat dilihat pada tabel 4.15 dan 4.16

Hasil komposisi yang didapat berdasarkan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR untuk satu benda uji silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan FAS 0,6 dapat dilihat pada tabel 4.15

Tabel 4. 15 Volume Kebutuhan Material Tiap Silinder

Sampel		Volume (m3)	Komposisi Bahan Metode Perbandingan 1PC:2PS:3KR					
			Semen (kg)	Pasir (kg)	Split (kg)	Lumpur (kg)	Fly Ash (kg)	Air (liter)
Normal			2,2	5,71	8,31	-	-	1,32
<i>Fly Ash</i>	Lumpur							
10%	2,5%	0,0053	1,98	5,56	8,10	0,35	0,22	1,19
	5%	0,0053	1,98	5,42	7,89	0,70	0,22	1,19
	7,5%	0,0053	1,98	5,28	7,68	1,05	0,22	1,19
20%	2,5%	0,0053	1,76	5,56	8,10	0,35	0,44	1,06
	5%	0,0053	1,76	5,42	7,89	0,70	0,44	1,06
	7,5%	0,0053	1,76	5,28	7,68	1,05	0,44	1,06

Note : FAS = 0,6

Hasil komposisi yang didapat berdasarkan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR untuk satu benda uji balok ukuran 15×15×60 cm dengan FAS 0,6 dapat dilihat pada tabel 4.16

Tabel 4. 16 Volume Kebutuhan Material Tiap Balok

Sampel		Volume (m3)	Komposisi Bahan Metode Perbandingan 1PC:2PS:3KR					
			Semen (kg)	Pasir (kg)	Split (kg)	Lumpur (kg)	Fly Ash (kg)	Air (liter)
Normal		0,0053	4,2	12,82	17,81	-	-	2,52
<i>Fly Ash</i>	Lumpur							
10%	2,5%	0,0053	3,78	12,51	17,35	0,77	0,42	2,27
	5%	0,0053	3,78	12,21	16,89	1,53	0,42	2,27
	7,5%	0,0053	3,78	11,90	16,43	2,30	0,42	2,27
20%	2,5%	0,0053	3,36	12,51	17,35	0,77	0,84	2,02
	5%	0,0053	3,36	12,21	16,89	1,53	0,84	2,02
	7,5%	0,0053	3,36	11,90	16,43	2,30	0,84	2,02

Note : FAS = 0,6



Gambar 4. 9 Persiapan Bahan Penyusun Beton



Gambar 4. 10 Persiapan Alat untuk Penyusunan Beton

4.1.6 Pengujian *Slump*

Pengujian *slump* dilakukan saat beton masih dalam keadaan segar, percobaan ini dilakukan dengan alat kerucut abraham/kerucut terpancung, yang memiliki diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi 30 cm, dilengkapi dengan telinga alat untuk mengangkat alat agar beton segar dapat keluar dan tongkat *slump* penumbuk berdiameter 16 mm sepanjang maksimal 60 cm (Mulyono,2004).

Pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai kelecakan atau *workability* dari campuran beton segar. Adapun hasil nilai *slump* yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 4.17

Tabel 4. 17 Pengujian *Slump*

Campuran		<i>Slump</i> (cm)
0% (Standard)		12
10% <i>Fly</i> <i>Ash</i>	2,5% Lumpur	4
	5% Lumpur	4
	7,5% Lumpur	3
20% <i>Fly</i> <i>Ash</i>	2,5% Lumpur	4
	5% Lumpur	4
	7,5% Lumpur	3

Gambar 4. 11 Uji *Slump* Beton NormalGambar 4. 12 Uji *Slump* Beton Campuran 10% *Fly Ash* + 7,5% Lumpur

4.1.7 Pengujian Berat Isi Beton Segar

Pengujian berat isi beton segar dilakukan untuk mengetahui berat dari isi beton segar tersebut dari berbagai variasi campuran. Hasil pengujian berat isi beton segar dapat dilihat pada tabel 4.18

Tabel 4. 18 Pengujian Berat Isi Beton Segar

	Pemeriksaan	Campuran						
		Beton Normal 1:2:3	10% <i>Fly Ash</i>			20% <i>Fly Ash</i>		
			Variasi Kadar Lumpur			Variasi Kadar Lumpur		
			2,5%	5%	7,5%	2,5%	5%	7,5%
A	Berat Silinder (kg)	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2
B	Volume Silinder (m ³)	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053
C	Berat Silinder+Beton Segar (kg)	23,90	23,99	23,83	23,74	24,15	23,87	23,76
D	Berat Isi (C-A)/B (kg/m ³)	2395,28	2412,26	2382,08	2365,09	2442,45	2389,62	2368,87



Gambar 4. 13 Penimbangan Cetakan sebelum Pengujian Berat Isi Beton Segar

4.1.8 Pengujian Berat Isi Beton Kering

Pengujian berat isi beton kering dilakukan untuk mendapatkan nilai berat isi kering pada masing-masing variasi campuran. Hasil pengujian berat isi beton kering untuk berbagai variasi campuran dapat dilihat pada tabel 4.19

Tabel 4. 19 Pengujian Berat Isi Beton Kering

	Pemeriksaan	Campuran						
		Beton Normal 1:2:3	10% <i>Fly Ash</i>			20% <i>Fly Ash</i>		
			Variasi Kadar Lumpur			Variasi Kadar Lumpur		
			2,5%	5%	7,5%	2,5%	5%	7,5%
A	Volume Silinder (m ³)	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053
B	Berat Sampel (kg)	12,63	12,71	12,54	12,47	12,91	12,66	12,51
C	Berat Isi A/B (kg/m ³)	2382,08	2397,17	2365,66	2351,89	2435,28	2388,11	2360,94



Gambar 4. 14 Pengujian Berat Isi Beton Kering

4.1.9 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan pada penelitian ini menggunakan sampel silinder ukuran 15 cm x 30 cm. Sebelum pengujian dilakukan, benda uji dilakukan curing sejak satu hari setelah pembuatan sampai 2 hari sebelum pengujian dilakukan. Pengujian kuat tekan dilakukan saat beton berumur 14 dan 21 hari.

a. Pengujian Kuat Tekan Beton 14 Hari

Hasil pengujian kuat tekan beton 14 hari dengan variasi penambahan lumpur dan *fly ash* dapat dilihat pada tabel 4.20

Tabel 4. 20 Pengujian Kuat Tekan Beton 14 Hari

No	Kode Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur Beton (hari)	Berat Benda Uji (gram)	Bacaan Dial (KN)	Kokoh Tekan Silinder (Mpa)	Perkiraan Kokoh Silinder Beton 28 Hari (MPa)
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]= [D]-[C]	[F]	[G]	[H]= [G]/A	[I]=[H]/n
1	Normal 1PC:2PS:3KR	5/12/2021	19/12/2021	14 hari	12585	265	14.990	17.03
2		5/12/2021	19/12/2021		12610	270	15.273	17.36
3		5/12/2021	19/12/2021		12680	280	15.838	18.00
4	10% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	7/12/2021	20/12/2021	14 hari	12690	270	15.273	17.36
5		7/12/2021	20/12/2021		12730	280	15.838	18.00
6		7/12/2021	20/12/2021		12695	280	15.838	18.00
7	10% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	12/12/2021	26/12/2021	14 hari	12520	255	14.424	16.39
8		12/12/2021	26/12/2021		12535	255	14.424	16.39
9		12/12/2021	26/12/2021		12560	260	14.707	16.71
10	10% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	13/12/2021	27/12/2021	14 hari	12450	220	12.444	14.14
11		13/12/2021	27/12/2021		12480	230	13.010	14.78
12		13/12/2021	27/12/2021		12465	230	13.010	14.78
13	20% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	14/12/2021	28/12/2021	14 hari	12890	315	17.818	20.25
14		14/12/2021	28/12/2021		12920	320	18.101	20.57
15		14/12/2021	28/12/2021		12910	315	17.818	20.25
16	20% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	15/12/2021	29/12/2021	14 hari	12675	275	15.556	17.68
17		15/12/2021	29/12/2021		12630	265	14.990	17.03
18		15/12/2021	29/12/2021		12665	270	15.273	17.36
19	20% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	22/12/2021	5/1/2022	14 hari	12455	240	13.576	15.43
20		22/12/2021	5/1/2022		12520	230	13.010	14.78
21		22/12/2021	5/1/2022		12565	240	13.576	15.43

Note : Luas Penampang (A) = $1/4\pi d^2 = 17678,57 \text{ mm}^2$

Nilai konversi kuat tekan beton hari ke-14 (n) = 0,88

b. Pengujian Kuat Tekan Beton 21 Hari

Hasil pengujian kuat tekan beton 21 hari dengan variasi penambahan lumpur dan *fly ash* dapat dilihat pada tabel 4.21

Tabel 4. 21 Pengujian Kuat Tekan Beton 21 Hari

No	Kode Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur Beton (hari)	Berat Benda Uji (gram)	Bacaan Dial (KN)	Kokoh Tekan Silinder (Mpa)	Perkiraan Kokoh Silinder Beton 28 Hari (MPa)
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]=[D]-[C]	[F]	[G]	[H]=[G]/A	[I]=[H]/n
1	Normal 1PC:2PS:3KR	5/12/2021	26/12/2021	21 hari	12590	295	16.687	17.57
2		5/12/2021	26/12/2021		12630	310	17.535	18.46
3		5/12/2021	26/12/2021		12620	310	17.535	18.46
4	10% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	7/12/2021	28/12/2021	21 hari	12695	310	17.535	18.46
5		7/12/2021	28/12/2021		12740	320	18.101	19.05
6		7/12/2021	28/12/2021		12690	315	17.818	18.76
7	10% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	6/12/2021	27/12/2021	21 hari	12510	280	15.838	16.67
8		6/12/2021	27/12/2021		12520	290	16.404	17.27
9		6/12/2021	27/12/2021		12585	290	16.404	17.27
10	10% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	11/12/2021	1/1/2022	21 hari	12445	250	14.141	14.89
11		11/12/2021	1/1/2022		12495	260	14.707	15.48
12		11/12/2021	1/1/2022		12475	260	14.707	15.48
13	20% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	11/12/2021	1/1/2022	21 hari	12885	355	20.081	21.14
14		11/12/2021	1/1/2022		12905	370	20.929	22.03
15		11/12/2021	1/1/2022		12895	360	20.364	21.44
16	20% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	20/12/2021	10/1/2022	21 hari	12650	310	17.535	18.46
17		20/12/2021	10/1/2022		12610	300	16.970	17.86
18		20/12/2021	10/1/2022		12685	310	17.535	18.46
19	20% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	21/12/2021	11/1/2022	21 hari	12450	270	15.273	16.08
20		21/12/2021	11/1/2022		12410	265	14.990	15.78
21		21/12/2021	11/1/2022		12405	265	14.990	15.78

Note : Luas Penampang (A) = $1/4\pi d^2 = 17678,57 \text{ mm}^2$

Nilai konversi kuat tekan beton hari ke-14 (n) = 0,95



Gambar 4. 15 Sampel Silinder Umur 14 Hari



Gambar 4. 16 Pengujian Kuat Tekan Beton Campuran 20% *Fly Ash* +
2,5% Lumpur



Gambar 4. 17 Sampel Beton setelah Pengujian Kuat Tekan

4.1.10 Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur pada peneitian ini menggunakan sampel balok ukuran 15×15×60 cm. Pengujian kuat lentur dilakukan saat beton berumur 14 dan 21 hari.

a. Pengujian Kuat Lentur Beton 14 Hari

Hasil pengujian kuat lentur beton 14 hari dengan variasi penambahan lumpur dan *fly ash* dapat dilihat pada tabel 4.22

Tabel 4. 22 Pengujian Kuat Lentur Beton 14 Hari

Kode (K)	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Lebar (b) mm	Tinggi (h) mm	Panjang (l) mm	Beban (P) KN	M (KN,mm) 1/2P X 1/3L	W (mm ³) 1/6bh ²	σ (N/mm ²) M/W
Normal 1PC:2PS:3KR	12/12/2021	26/12/2021	150	150	600	8	800	562500	1.42
	12/12/2021	26/12/2021	150	150	600	9	900	562500	1.60
10% <i>Fly Ash</i> + 2,5 % Lumpur	13/12/2021	27/12/2021	150	150	600	9	900	562500	1.60
	13/12/2021	27/12/2021	150	150	600	9	900	562500	1.60
10% <i>Fly Ash</i> + 5 % Lumpur	14/12/2021	28/12/2021	150	150	600	6	600	562500	1.07
	14/12/2021	28/12/2021	150	150	600	7	700	562500	1.24
10% <i>Fly Ash</i> + 7,5 % Lumpur	15/12/2021	29/12/2021	150	150	600	5	500	562500	0.89
	15/12/2021	29/12/2021	150	150	600	5	500	562500	0.89
20% <i>Fly Ash</i> + 2,5 % Lumpur	16/12/2021	30/12/2021	150	150	600	11	1100	562500	1.96
	16/12/2021	30/12/2021	150	150	600	10	1000	562500	1.78
20% <i>Fly Ash</i> + 5 % Lumpur	20/12/2021	3/1/2022	150	150	600	8	800	562500	1.42
	20/12/2021	3/1/2022	150	150	600	8	800	562500	1.42
20% <i>Fly Ash</i> + 7,5 % Lumpur	21/12/2021	4/1/2022	150	150	600	6	600	562500	1.07
	21/12/2021	4/1/2022	150	150	600	6	600	562500	1.07

b. Pengujian Kuat Lentur Beton 21 Hari

Hasil pengujian kuat lentur beton 21 hari dengan variasi penambahan lumpur dan *fly ash* dapat dilihat pada tabel 4.23

Tabel 4. 23 Pengujian Kuat Lentur Beton 21 Hari

Kode (K)	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Lebar (b) mm	Tinggi (h) mm	Panjang (l) mm	Beban (P) KN	M (KN,mm) 1/2P X 1/3L	W (mm ³) 1/6bh ²	σ (N/mm ²) M/W
Normal 1PC:2PS:3KR	29/11/2021	20/12/2021	150	150	600	9	900	562500	1.60
	29/11/2021	20/12/2021	150	150	600	9	900	562500	1.60
10% <i>Fly Ash</i> + 2,5 % Lumpur	30/11/2021	21/12/2021	150	150	600	10	1000	562500	1.78
	30/11/2021	21/12/2021	150	150	600	10	1000	562500	1.78
10% <i>Fly Ash</i> + 5 % Lumpur	1/12/2021	22/12/2021	150	150	600	8	800	562500	1.42
	1/12/2021	22/12/2021	150	150	600	7	700	562500	1.24
10% <i>Fly Ash</i> + 7,5 % Lumpur	2/12/2021	23/12/2021	150	150	600	5	500	562500	0.89
	2/12/2021	23/12/2021	150	150	600	6	600	562500	1.07
20% <i>Fly Ash</i> + 2,5 % Lumpur	3/12/2021	24/12/2021	150	150	600	12	1200	562500	2.13
	3/12/2021	24/12/2021	150	150	600	11	1100	562500	1.96
20% <i>Fly Ash</i> + 5 % Lumpur	4/12/2021	25/12/2021	150	150	600	9	900	562500	1.60
	4/12/2021	25/12/2021	150	150	600	9	900	562500	1.60
20% <i>Fly Ash</i> + 7,5 % Lumpur	6/12/2021	27/12/2021	150	150	600	7	700	562500	1.24
	6/12/2021	27/12/2021	150	150	600	6	600	562500	1.07

Gambar 4. 18 Pengujian Kuat Lentur
BetonGambar 4. 19 Sampel Balok
Umur 21 Hari

4.2 Hasil Pembahasan

Setelah dilakukan pengujian dan mendapatkan data hasil dari penelitian, yang diantaranya pengujiannya yang telah dilakukan meliputi:

- a. Pengujian Agregat Halus

- b. Pengujian Agregat Kasar
- c. Pengujian Semen
- d. Pengujian *Fly Ash*
- e. Penyusunan Campuran Beton
- f. Pengujian *Slump*
- g. Pengujian Berat Isi Beton Segar
- h. Pengujian Berat Isi Beton Kering
- i. Pengujian Kuat Tekan
- j. Pengujian Kuat Lentur

Selanjutnya data hasil dari penelitian akan dibahas dan disimpulkan berdasarkan hasil penelitian analisa pengaruh variasi kadar lumpur dan *fly ash* terhadap kuat tekan dan kuat lentur campuran beton dengan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR yang telah dilakukan.

4.2.1 Pembahasan Hasil Pengujian Agregat Halus

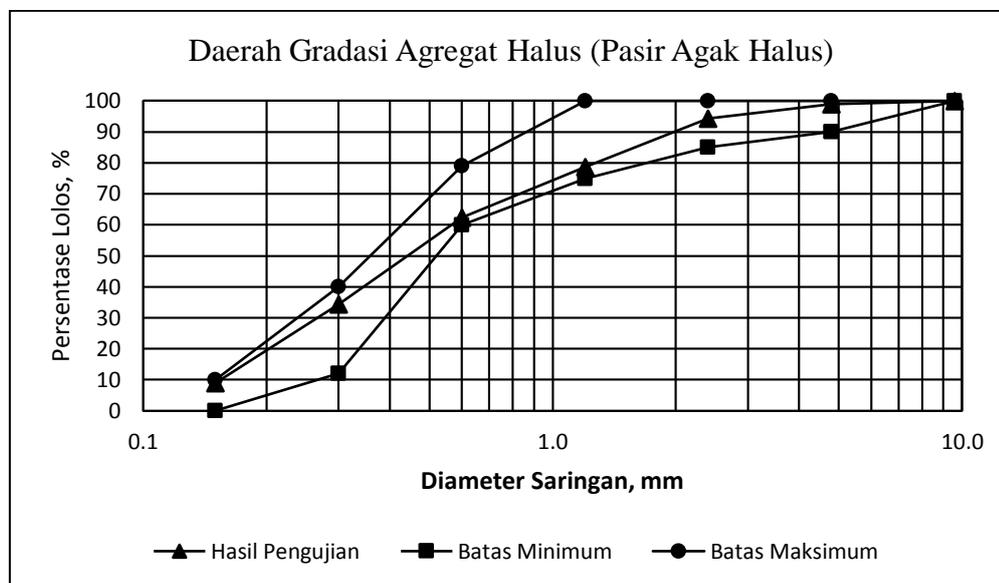
1. Pengujian Gradasi

Berdasarkan Tabel 2.1 Batas-Batas Gradasi Agregat Halus (SNI 03-2834-2000) dan Tabel 4.3 maka pasir muntulan yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam daerah gradasi nomor 3 (pasir agak halus). Hasil analisis gradasi dapat dilihat pada tabel 4.24

Tabel 4. 24 Hasil Analisis Gradasi Agregat Halus

Diameter Saringan	Batas Maksimum	Batas Minimum	Hasil
9,6	100	100	100
4,8	100	90	99
2,4	100	85	94,33
1,2	100	75	78,67
0,6	79	60	62,33
0,3	40	12	34,33
0,15	10	0	9

Hasil yang didapatkan dari pengujian agregat halus termasuk dalam daerah nomor 3 karena masuk diantara batas minimum dan batas maksimum. Hasil kurva dapat dilihat pada Gambar 4.20



Gambar 4. 20 Kurva Gradasi Agregat Halus

2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus didapatkan nilai rata-rata berat jenis *bulk* sebesar 2,66; berat jenis jenuh permukaan sebesar 2,70; berat jenis semu (*apparent*) sebesar 2,77. Nilai tersebut memenuhi spesifikasi nilai minimum yang telah ditetapkan menurut SNI 03-1970-2008 adalah 2,50. Nilai penyerapan agregat halus sebesar 1,48% dan memenuhi spesifikasi maksimum yang ditetapkan menurut SNI 03-1970-2008 adalah 3%.

Berdasarkan Tjokrodimuljo (2010) menurut berat jenisnya. Agregat dibagi menjadi 3 jenis yaitu: agregat normal, agregat ringan, dan agregat berat. Dimana agregat normal memiliki berat jenis 2,5-2,7, agregat ringan memiliki berat jenis kurang dari 2,0 dan agregat berat memiliki berat jenis lebih dari 2,8. Hasil yang didapatkan dari

pernyataan di atas yaitu pasir yang digunakan dalam penelitian ini masuk dalam kategori pasir normal karena beratnya diantara 2,5-2,7.

Maka agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi syarat berat jenis dan penyerapan untuk dijadikan bahan dalam perencanaan campuran beton.

3. Pengujian Berat Isi Lepas dan Padat

Berdasarkan hasil pengujian berat isi lepas dan berat isi padat agregat halus didapat nilai berat isi lepas rata-rata dari hasil pengujian diatas sebesar 1,21 gr/cm³ dan nilai *voids* yang didapat yaitu 54,46%. Sedangkan berat isi padat rata-rata dari hasil pengujian diatas sebesar 1,40 gr/cm³ dan nilai *voids* yang didapat yaitu 47,26%. Menurut SNI 03-1973-2008 batas minimum nilai berat isi untuk agregat halus 0,4-1,9 kg/m³, maka agregat halus dalam penelitian ini memenuhi syarat berat isi bahan campuran pengujian beton. Berdasarkan hasil yang telah didapatkan nilai berat isi padat lebih besar daripada berat isi lepas karena saat pengujian dilakukan, berat isi padat memiliki perlakuan khusus yaitu digetarkan atau dipadatkan dengan tongkat pemadat.

Setelah mengetahui hasil pengujian, dibawah ini merupakan rekap pengujian agregat halus yang telah dilakukan. Hasil rekap pengujian agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.25

Tabel 4. 25 Rekap Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Sifat Fisis dan Mekanis	Hasil Pengujian
1	Berat Jenis <i>Bulk</i> (gr/cm ³)	2,66
2	Berat Jenis SSD (gr/cm ³)	2,70
3	Penyerapan Air (%)	1,48
4	Berat Isi Lepas (gr/cm ³)	1,21
5	Berat Isi Padat (gr/cm ³)	1,40
6	Analisis Gradasi	Gradasi No.3

4.2.2 Pembahasan Hasil Pengujian Agregat Kasar

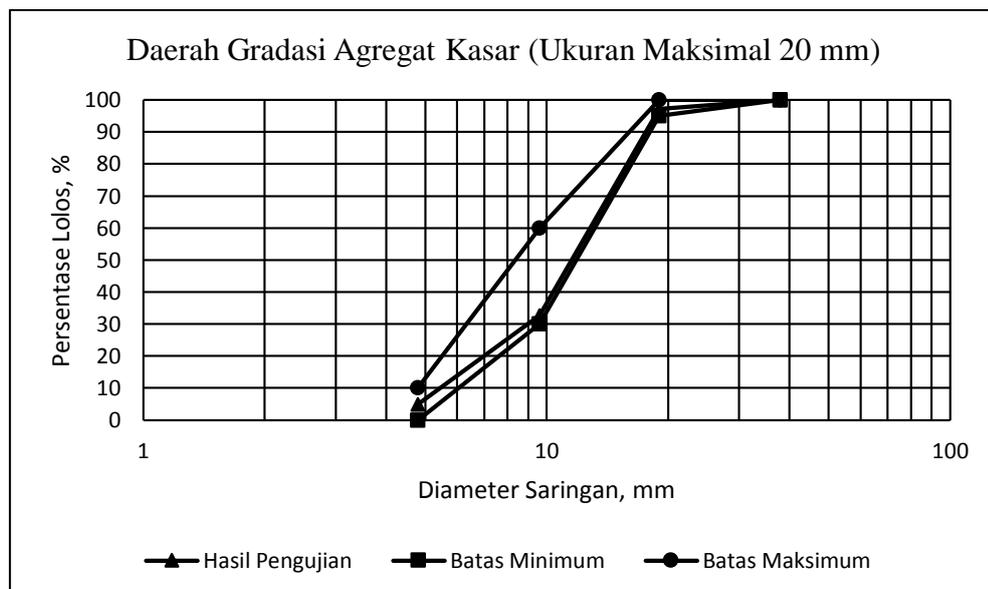
1. Pengujian Gradasi

Berdasarkan Tabel 2.2 Batas-Batas Gradasi Agregat Kasar (SNI 03-2834-2000) dan Tabel 4.7 maka split yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam daerah gradasi ukuran maksimal 20 mm. Hasil analisis gradasi dapat dilihat pada tabel 4.26

Tabel 4. 26 Hasil Analisis Gradasi Agregat Kasar

Diameter Saringan	Batas Maksimum	Batas Minimum	Hasil
38	100	100	100
19	100	95	97,17
9,6	60	30	32,67
4,8	10	0	4,8

Hasil yang didapatkan dari pengujian agregat kasar termasuk dalam daerah gradasi ukuran maksimal 20 mm karena masuk diantara batas minimum dan batas maksimum. Hasil kurva dapat dilihat pada Gambar 4.21



Gambar 4. 21 Kurva Gradasi Agregat Kasar

2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar didapatkan nilai rata-rata berat jenis *bulk* sebesar 2,79; berat jenis jenuh kering permukaan sebesar 2,82; berat jenis semu (*apparent*) sebesar 2,90. Nilai tersebut memenuhi spesifikasi nilai minimum yang telah ditetapkan menurut SNI 03-1970-2008 adalah 2,50. Nilai penyerapan agregat kasar sebesar 1,40% dan memenuhi spesifikasi maksimum yang ditetapkan menurut SNI 03-1970-2008 adalah 3%.

Berdasarkan Tjokrodimuljo (2010) menurut berat jenisnya. Agregat dibagi menjadi 3 jenis yaitu: agregat normal, agregat ringan, dan agregat berat. Dimana agregat normal memiliki berat jenis 2,5-2,7, agregat ringan memiliki berat jenis kurang dari 2,0 dan agregat berat memiliki berat jenis lebih dari 2,8. Hasil yang didapatkan dari pernyataan diatas yaitu split yang digunakan dalam penelitian ini masuk dalam kategori split berat karena beratnya lebih dari 2,8.

Maka agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi syarat berat jenis dan penyerapan untuk dijadikan bahan dalam perencanaan campuran beton.

3. Pengujian Berat Isi Lepas dan Padat

Berdasarkan hasil pengujian berat isi lepas dan berat isi padat agregat kasar didapat nilai berat isi lepas rata-rata dari hasil pengujian diatas sebesar 1,36 gr/cm³ dan nilai *voids* yang didapat yaitu 51,68%. Sedangkan berat isi padat rata-rata dari hasil pengujian diatas sebesar 1,51 gr/cm³ dan nilai *voids* yang didapat yaitu 46,35%. Menurut SNI 03-1973-2008 batas minimum nilai berat isi untuk agregat halus maupun agregat kasar adalah 0,4-1,9 kg/m³, maka agregat kasar dalam penelitian ini memenuhi syarat berat isi bahan campuran pengujian beton. Berdasarkan hasil yang telah didapatkan nilai berat isi padat lebih besar daripada berat isi

lepas karena saat pengujian dilakukan, berat isi padat memiliki perlakuan khusus yaitu digetarkan atau dipadatkan dengan tongkat pemadat.

Setelah mengetahui hasil pengujian, dibawah ini merupakan rekap pengujian agregat kasar yang telah dilakukan. Hasil rekap pengujian agregat kasar dapat dilihat pada tabel 4.27

Tabel 4. 27 Rekap Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Sifat Fisis dan Mekanis	Hasil Pengujian
1	Berat Jenis <i>Bulk</i> (gr/cm ³)	2,79
2	Berat Jenis SSD (gr/cm ³)	2,82
3	Penyerapan Air (%)	1,40
4	Berat Isi Lepas (gr/cm ³)	1,36
5	Berat Isi Padat (gr/cm ³)	1,51
6	Analisis Gradasi	Ukuran Maks 20 mm

4.2.3 Pembahasan Hasil Pengujian Semen

Berdasarkan hasil pengujian berat isi lepas dan berat isi padat semen didapat nilai berat isi lepas rata-rata dari hasil pengujian diatas sebesar 1,08 gr/cm³. Sedangkan berat isi padat rata-rata dari hasil pengujian diatas sebesar 1,33 gr/cm³. Berdasarkan hasil yang telah didapatkan nilai berat isi padat lebih besar daripada berat isi lepas karena saat pengujian dilakukan, berat isi padat memiliki perlakuan khusus yaitu digetarkan atau dipadatkan dengan tongkat pemadat.

4.2.4 Pembahasan Hasil Pengujian *Fly Ash*

Berdasarkan hasil pengujian berat isi lepas dan berat isi padat *fly ash* didapat nilai berat isi lepas rata-rata dari hasil pengujian diatas sebesar 1,18 gr/cm³. Sedangkan berat isi padat rata-rata dari hasil pengujian diatas sebesar 1,40 gr/cm³. Berdasarkan hasil yang telah didapatkan nilai berat isi padat lebih besar daripada berat isi lepas karena

saat pengujian dilakukan, berat isi padat memiliki perlakuan khusus yaitu digetarkan atau dipadatkan dengan tongkat pemadat.

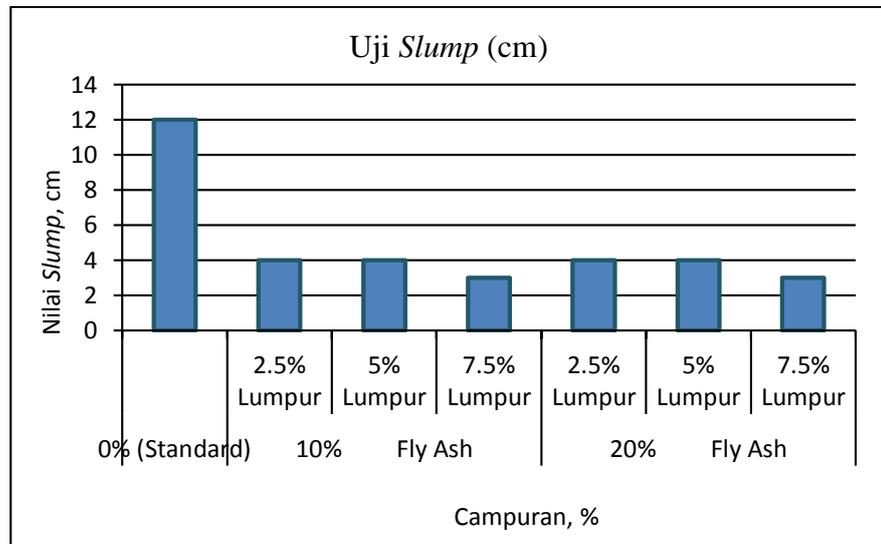
4.2.5 Pembahasan Penyusunan Campuran Beton

Berdasarkan Tabel 4.15 dan 4.16 proses penyusunan campuran beton dilakukan berdasarkan bagian atau metode perbandingan 1PC:2PS:3KR yang terdiri dari 1 bagian semen, 2 bagian agregat halus dan 3 bagian agregat kasar. Takaran yang digunakan dalam menentukan komposisi campuran menggunakan silinder tabung. 1 silinder tabung tersebut memiliki nilai 1 bagian. Penentuan berat lumpur setiap persentase dengan cara mengalikan persentase kadar lumpur dengan jumlah total agregat halus dan kasar. Sedangkan untuk menentukan berat *fly ash* setiap persentase dengan cara mengalikan persentase *fly ash* dengan berat kebutuhan semen. Fas yang digunakan dalam penyusunan campuran beton sebesar 0,6. Untuk menentukan kebutuhan air yang digunakan dalam setiap sampel dengan cara mengalikan nilai fas dengan berat kebutuhan semen.

4.2.6 Pembahasan Pengujian *Slump*

Berdasarkan hasil uji *slump* pada tabel 4.17, diketahui nilai *slump* campuran 0% adalah 12 cm, campuran 10% *fly ash* + 2,5% Lumpur adalah 4 cm, 10% *fly ash* + 5% lumpur adalah 4 cm, 10% *fly ash* + 7,5% lumpur adalah 3 cm, 20% *fly ash* + 2,5% lumpur adalah 4 cm, 20% *fly ash* + 5% lumpur adalah 4 cm, 20% *fly ash* + 7,5% lumpur adalah 3 cm. Dari hasil pengujian diatas didapat nilai *slump* tertinggi yaitu pada campuran 0% dan nilai *slump* terendah pada campuran 10% *fly ash* + 7,5% lumpur dan 20% *fly ash* + 7,5% lumpur. Dari hasil pembahasan ini menunjukkan semakin besar persentase kadar lumpur maka nilai *slump* semakin kecil, hal ini terjadi karena lumpur yang digunakan dalam penelitian ini dalam keadaan kering jadi sebagian nilai FAS terserap lumpur sehingga beton segar menjadi lebih kering yang

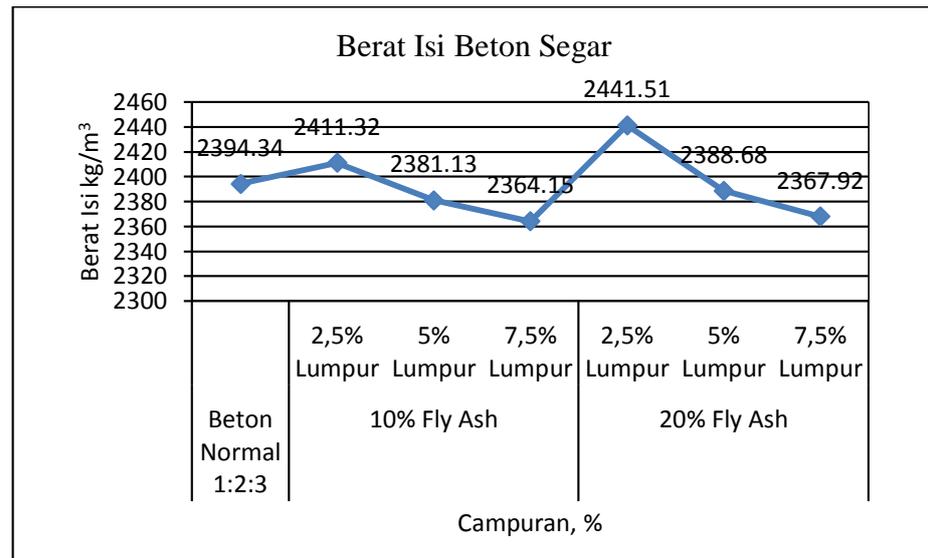
mengakibatkan nilai slump yang rendah. Grafik pengujian *slump* dapat dilihat pada gambar 4.22 dibawah ini.



Gambar 4. 22 Grafik Pengujian *Slump*

4.2.7 Pembahasan Berat Isi Beton Segar

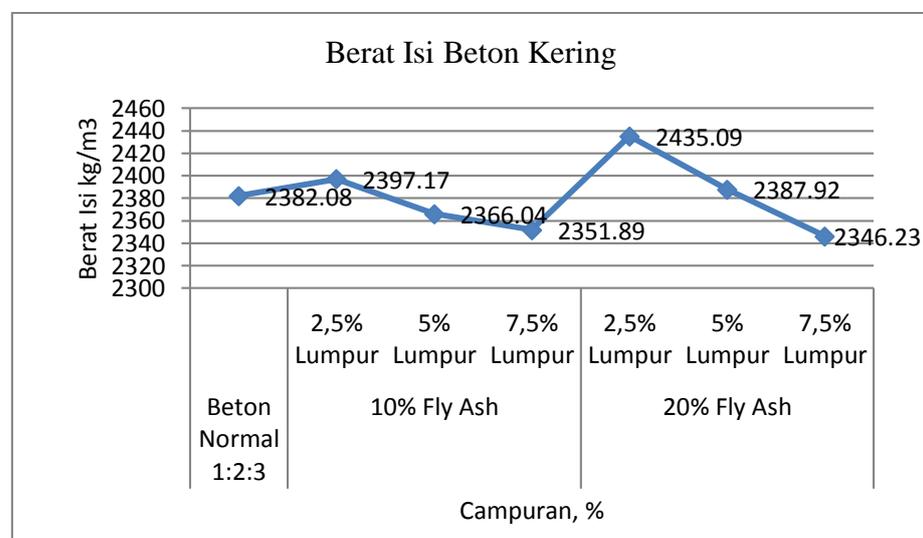
Berdasarkan tabel 4.18 hasil pengujian berat isi beton segar untuk berbagai variasi campuran dapat disimpulkan bahwa beton campuran 20% *fly ash* + 2,5% lumpur mempunyai berat isi tertinggi yaitu 2441,51 kg/m³. Sedangkan berat isi terendah terdapat pada campuran 10% *fly ash* + 7,5% lumpur dengan nilai 2364,15 kg/m³. Berat isi sangat di pengaruhi oleh presentase penambahan lumpur, semakin banyak lumpur semakin ringan berat isi beton, karena lumpur mempunyai sifat plastis yang mengakibatkan beton segar lebih kental dan susah untuk di masukkan dalam cetakan. Grafik pengujian berat isi beton basah dapat dilihat pada gambar 4.23



Gambar 4. 23 Grafik Pengujian Berat Isi Beton Segar

4.2.8 Pembahasan Pengujian Berat Isi Beton Kering

Berdasarkan tabel 4.19 hasil pengujian berat isi beton kering untuk berbagai variasi campuran dapat disimpulkan bahwa beton campuran 20% *fly ash* + 2,5% lumpur mempunyai berat isi tertinggi yaitu 2435,09 kg/m³. Sedangkan berat isi terendah terdapat pada campuran 10% *fly ash* + 7,5% lumpur dengan nilai 2351,89 kg/m³. Grafik pengujian berat isi beton kering dapat dilihat pada gambar 4.24



Gambar 4. 24 Grafik Pengujian Berat Isi Beton Kering

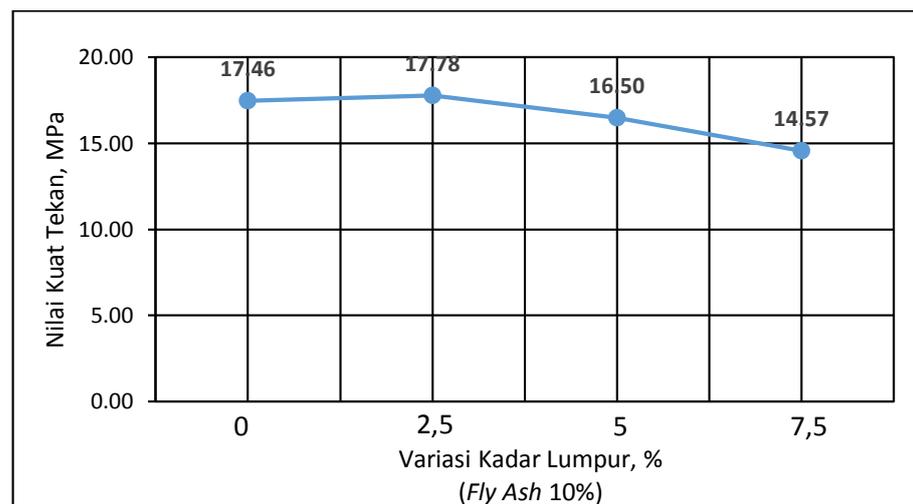
4.2.9 Pembahasan Kuat Tekan Beton

a. Pembahasan Pengujian Kuat Tekan Beton 14 Hari

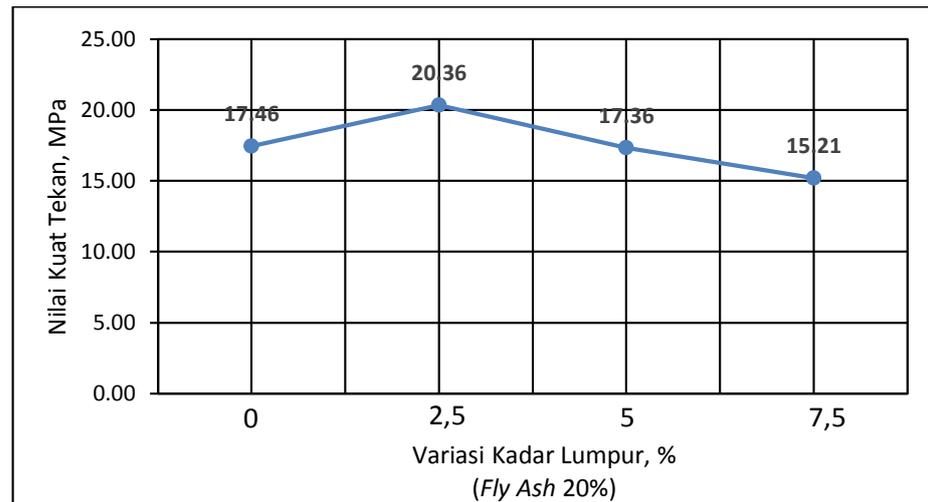
Berdasarkan tabel 4.20 didapatkan nilai rata-rata kuat tekan beton 14 hari setiap campuran. Hasil rata-rata kuat tekan beton 14 hari dapat dilihat pada tabel 4.28. Grafik hasil rata-rata dapat dilihat pada gambar 4.25 dan 4.26

Tabel 4. 28 Hasil Rata-Rata Kuat Tekan 14 Hari

No	Kode Benda Uji	Nilai Kuat Tekan Beton (Mpa)
1	Normal 1PC:2PS:3KR	17,46
2	10% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	17,78
3	10% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	16,50
4	10% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	14,57
5	20% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	20,36
6	20% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	17,36
7	20% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	15,21



Gambar 4. 25 Grafik Kuat Tekan Beton 14 Hari pada Kandungan *Fly Ash* 10%



Gambar 4. 26 Grafik Kuat Tekan Beton 14 Hari pada Kandungan *Fly Ash* 20%

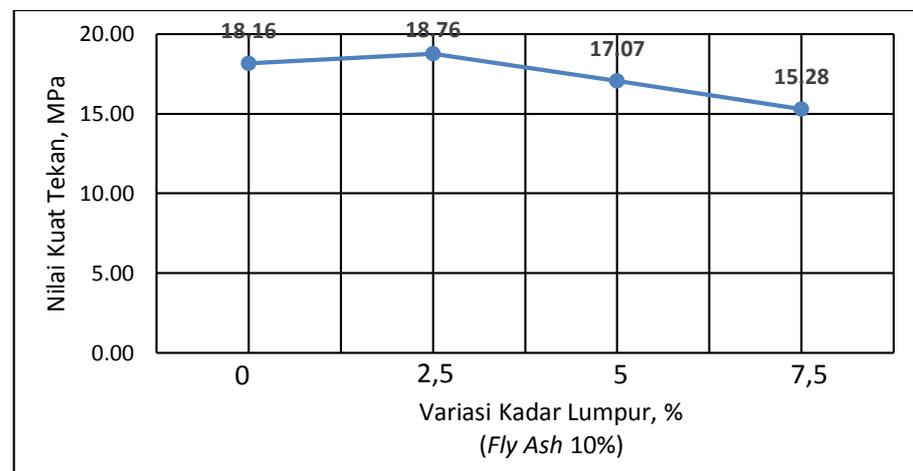
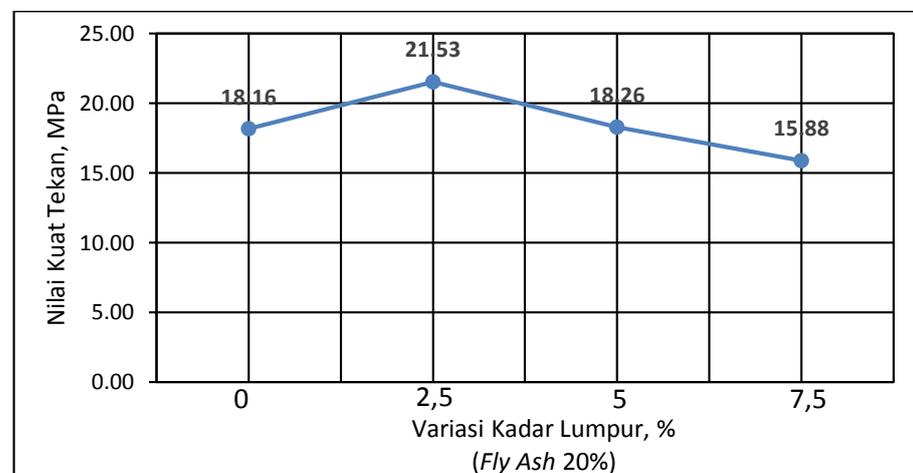
Berdasarkan grafik 4.25 dan 4.26 dapat diketahui nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada campuran 20% *fly ash* + 2,5% lumpur sebesar 20,36 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan terendah terdapat pada campuran 10% *fly ash* + 7,5% lumpur sebesar 14,57 MPa. Hal ini terjadi karena pengaruh penambahan material lumpur dan *fly ash*. Semakin tinggi persentase *fly ash* maka kuat tekan juga semakin tinggi karena sifat *fly ash* yang bisa menjadi filler atau pengisi rongga yang kosong pada campuran beton. Sebaliknya jika persentase lumpur semakin tinggi maka beton akan mengalami penurunan kuat tekan karena sifat lumpur yang plastis dan tidak bisa tercampur dengan beton.

b. Pembahasan Pengujian Kuat Tekan Beton 21 Hari

Berdasarkan tabel 4.21 didapatkan nilai rata-rata kuat tekan beton 21 hari setiap campuran. Hasil rata-rata kuat tekan beton 21 hari dapat dilihat pada tabel 4.29. Grafik hasil rata-rata dapat dilihat pada gambar 4.27 dan 4.28

Tabel 4. 29 Hasil Rata-Rata Kuat Tekan 21 Hari

No	Kode Benda Uji	Nilai Kuat Tekan Beton (Mpa)
1	Normal 1PC:2PS:3KR	18.16
2	10% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	18.76
3	10% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	17.07
4	10% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	15.28
5	20% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	21.53
6	20% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	18.26
7	20% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	15.88

Gambar 4. 27 Grafik Kuat Tekan Beton 21 Hari pada Kandungan *Fly Ash* 10%Gambar 4. 28 Grafik Kuat Tekan Beton 21 Hari pada Kandungan *Fly Ash* 20%

Berdasarkan hasil grafik 4.27 dan 4.28 dapat diketahui nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada campuran 20% *fly ash* + 2,5% lumpur sebesar 21,53 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan terendah terdapat pada campuran 10% *fly ash* + 7,5% lumpur sebesar 15,28 MPa. Hal ini terjadi karena pengaruh penambahan material lumpur dan *fly ash*. Semakin tinggi persentase *fly ash* maka kuat tekan juga semakin tinggi karena sifat *fly ash* yang bisa menjadi filler atau pengisi rongga yang kosong pada campuran beton. Sebaliknya jika persentase lumpur semakin tinggi maka beton akan mengalami penurunan kuat tekan karena sifat lumpur yang plastis dan tidak bisa tercampur dengan beton.

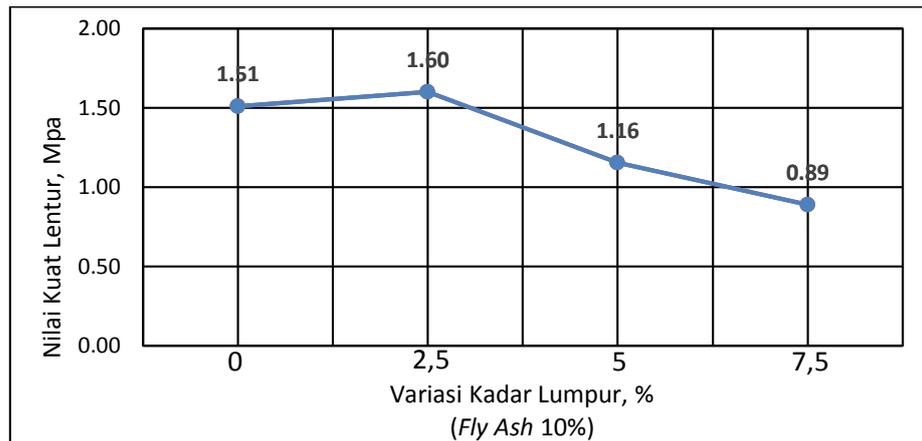
4.2.10 Pembahasan Kuat Lentur Beton

a. Pembahasan Pengujian Kuat Lentur Beton 14 Hari

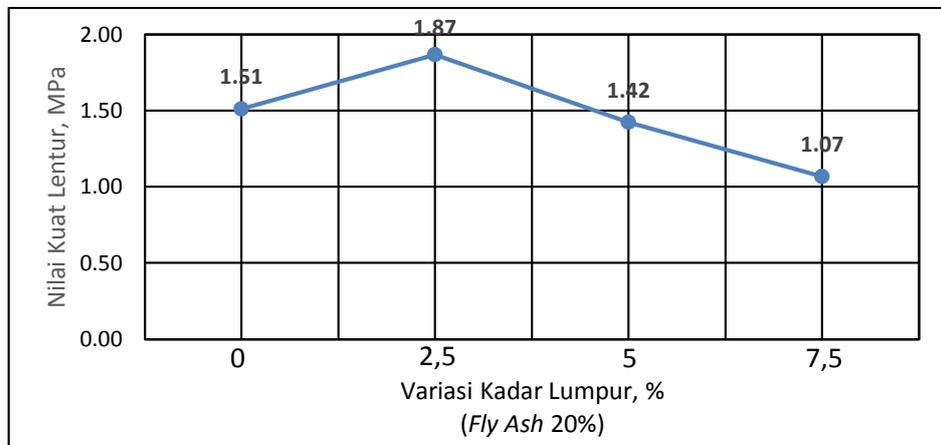
Berdasarkan tabel 4.22 didapatkan nilai rata-rata kuat lentur beton 14 hari setiap campuran. Hasil rata-rata kuat lentur beton 14 hari dapat dilihat pada tabel 4.30. Grafik hasil rata-rata dapat dilihat pada gambar 4.29 dan 4.30

Tabel 4.30 Hasil Rata-Rata Kuat Lentur 14 Hari

No	Kode Benda Uji	Nilai Kuat Lentur Beton (Mpa)
1	Normal 1PC:2PS:3KR	1,51
2	10% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	1,60
3	10% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	1,16
4	10% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	0,89
5	20% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	1,87
6	20% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	1,42
7	20% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	1,07



Gambar 4. 29 Grafik Kuat Lentur Beton 14 Hari pada Kandungan *Fly Ash* 10%



Gambar 4. 30 Grafik Kuat Lentur Beton 14 Hari pada Kandungan *Fly Ash* 20%

Berdasarkan hasil grafik 4.29 dan 4.30 dapat diketahui nilai kuat lentur tertinggi terdapat pada campuran 20% *fly ash* + 2,5% lumpur sebesar 1,87 MPa. Sedangkan nilai kuat lentur terendah terdapat pada campuran 10% *fly ash* + 7,5% lumpur sebesar 0,89 MPa. Hal ini terjadi karena pengaruh penambahan material lumpur dan *fly ash*. Semakin tinggi persentase *fly ash* maka kuat lentur juga semakin tinggi karena sifat *fly ash* yang bisa menjadi filler atau pengisi rongga yang kosong pada campuran beton.

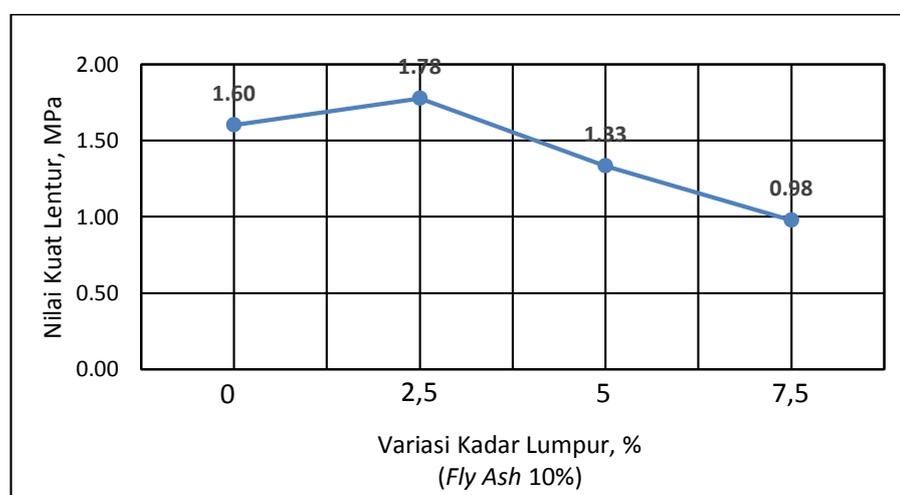
Sebaliknya jika persentase lumpur semakin tinggi maka beton akan mengalami penurunan kuat lentur karena sifat lumpur yang plastis dan tidak bisa tercampur dengan beton.

b. Pembahasan Pengujian Kuat Lentur Beton 21 Hari

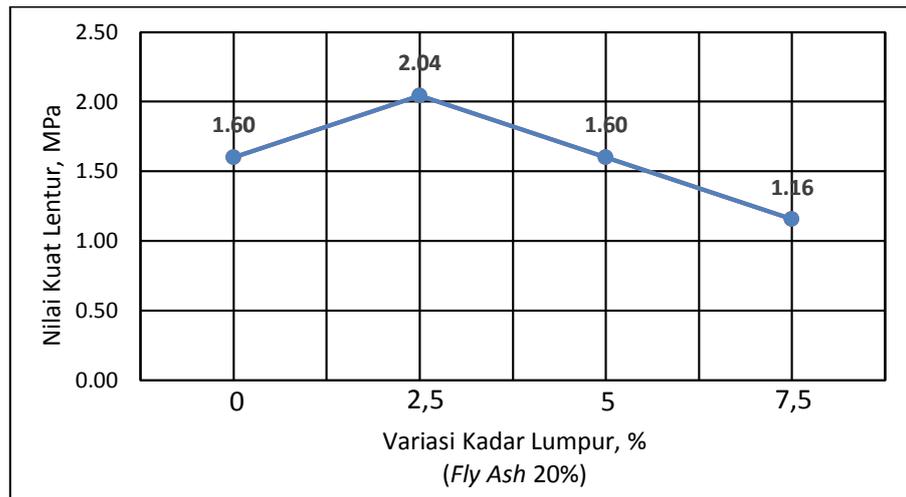
Berdasarkan tabel 4.23 didapatkan nilai rata-rata kuat lentur beton 21 hari setiap campuran. Hasil rata-rata kuat lentur beton 21 hari dapat dilihat pada tabel 4.31. Grafik hasil rata-rata dapat dilihat pada gambar 4.31 dan 4.32

Tabel 4.31 Hasil Rata-Rata Kuat Lentur 21 Hari

No	Kode Benda Uji	Nilai Kuat Lentur Beton (Mpa)
1	Normal 1PC:2PS:3KR	1,60
2	10% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	1,78
3	10% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	1,33
4	10% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	0,98
5	20% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	2,04
6	20% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	1,60
7	20% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	1,16



Gambar 4. 31 Grafik Kuat Lentur Beton 21 Hari pada Kandungan *Fly Ash* 10%



Gambar 4. 32 Grafik Kuat Lentur Beton 21 Hari pada Kandungan *Fly Ash* 20%

Berdasarkan hasil grafik 4.31 dan 4.32 dapat diketahui nilai kuat lentur tertinggi terdapat pada campuran 20% *fly ash* + 2,5% lumpur sebesar 2,04 MPa. Sedangkan nilai kuat Lentur terendah terdapat pada campuran 10% *fly ash* + 7,5% lumpur sebesar 0,98 MPa. Hal ini terjadi karena pengaruh penambahan material lumpur dan *fly ash*. Semakin tinggi persentase *fly ash* maka kuat lentur juga semakin tinggi karena sifat *fly ash* yang bisa menjadi filler atau pengisi rongga yang kosong pada campuran beton. Sebaliknya jika persentase lumpur semakin tinggi maka beton akan mengalami penurunan kuat lentur karena sifat lumpur yang plastis dan tidak bisa tercampur dengan beton.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data dan analisa dari hasil pengujian di laboratorium, dapat diketahui bahwa tercampurnya lumpur dan *fly ash* dapat mempengaruhi kualitas dan mutu beton. Adapun pengaruh lumpur dan *fly ash* terhadap beton metode perbandingan 1PC:2PS:3KR adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini didapat nilai kuat tekan dan kuat lentur beton standar (0%) dengan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR paling tinggi nilai kuat tekan dan kuat lentur beton terjadi pada pengujian 21 hari yaitu sebesar 18,16 Mpa untuk nilai kuat tekan betonnya, sedangkan untuk kuat lentur beton sebesar 1,60 Mpa.
2. Semakin banyak persentase lumpur yang di tambahkan dalam agregat maka nilai kuat tekan dan kuat lentur beton akan menurun. Hasil pengujian di laboratorium kuat tekan beton yaitu : 10% *fly ash* dengan 2,5%, 5%, 7,5% kadar lumpur. Didapat nilai paling tinggi yaitu 17,78 Mpa; 16,50 Mpa; dan 14,57 Mpa. Sedangkan pada kuat lentur didapatkan nilai 1,78 Mpa; 1,33 Mpa; dan 0,98 Mpa. Berdasarkan data-data diatas, nilai kuat tekan dan kuat lentur beton tertinggi yaitu pada persentase kadar lumpur 2,5%. Sedangkan nilai kuat tekan dan kuat lentur beton terendah yaitu pada persentase kadar lumpur 7,5%. Data tersebut didapat dari pengujian beton yang paling tertinggi yaitu pada pengujian beton 21 hari.
3. Semakin banyak persentase lumpur yang di tambahkan dalam agregat maka nilai kuat tekan dan kuat lentur beton akan menurun. Hasil pengujian di laboratorium kuat tekan beton yaitu : 20% *fly ash* dengan 2,5%, 5%, 7,5% kadar lumpur didapatkan nilai paling tinggi 21,53 Mpa; 18,26 Mpa; 15,88 Mpa. Sedangkan pada kuat lentur didapatkan nilai 2,04 Mpa; 1,60 Mpa; dan 1,16 Mpa. Berdasarkan data-data diatas, nilai kuat tekan dan kuat lentur beton tertinggi yaitu pada persentase kadar

lumpur 2,5%. Sedangkan nilai kuat tekan tekan dan kuat lentur beton terendah yaitu pada persentase kadar lumpur 7,5%. Data tersebut didapat dari pengujian beton yang paling tertinggi yaitu pada pengujian beton 21 hari.

5.2 Saran

Berdasarkan pengamatan selama penelitian dan pembahasan hasil akhir maka peneliti memberi saran sebagai berikut :

1. Setelah dilakukan penelitian dengan metode perbandingan 1PC:2PS:3KR, peneliti menyarankan agar penelitian selanjutnya menggunakan metode penyusunan beton yang lain, karena belum tentu lumpur dan *fly ash* akan mengalami pengaruh yang sama pada kuat tekan dan kuat lentur metode tersebut.
2. Penambahan lumpur sangat berpengaruh pada kecilnya nilai slump hal ini juga dapat berpengaruh pada kualitas beton, maka untuk penelitian lebih lanjut dapat diberikan penambahan bahan additive yang menambah kelecakan pada beton segar.
3. Kadar lumpur yang terlalu banyak pada agregat sebaiknya di hindari, karena kadar lumpur yang banyak dapat mengakibatkan karakteristik beton semakin menurun, hal ini disebabkan karena sifat lumpur yang dapat menghambat proses pengikatan antar agregat. Dari penelitian ini didapatkan batas toleransi penambahan lumpur yaitu 2,5% pada agregat, akan tetapi harus di berikan penambahan *fly ash* 10% sampai 20% pada bagian semen. Setelah diberikan penambahan *fly ash* beton tidak mengalami penurunan kualitas namun kualitas beton menyamai kualitas beton standar. Perlu penelitian lebih lanjut untuk penambahan 30% *fly ash* apakah dapat meningkatkan kualitas beton yang mengandung 7,5% lumpur.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials. (1993). *Standard Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids (ASTM D-653)*. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- American Society for Testing and Materials. (1997). *Standard Test Method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate (ASTM C 29/C 29M-97)*. United States: ASTM International.
- American Society for Testing and Materials. (2001). *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregates (ASTM C-128-01)*. United States: ASTM International.
- American Society for Testing and Materials. (2001). *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates (ASTM C 136-01)*. United States: ASTM International.
- American Society for Testing and Materials. (2002). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens (ASTM C39-86)*. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- American Society for Testing and Materials. (2004). *Standard Specification for Portland Cement (ASTM C-150)*. ASTM International.
- Anonim. (1989). *Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam) (SK SNI S 04-1989-F)*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Arikunto, S. (1998). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- B, A. S. (2019). *Pengaruh Kadar Lumpur Agregat Halus 5%, 7,5%, 10%, 12,5% dan 15% Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah*. Surakarta: Jurnal Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (1990). *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder (SNI 03-1974-1990)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (1990). *Metode Pengujian Slump Beton (SNI 03-1972-1990)*. Badan Standarisasi Nasional.

- Badan Standarisasi Nasional. (1996). *Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Balok Uji Sederhana yang Debebani Terpusat Langsung (SNI 03-4154-1996)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2000)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton (SNI 03-2491-2002)*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Pengertian dan Manfaat Fly Ash (SNI 03-6414-2002)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (Beta Version) (SNI 03-2847-2002)*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004). *Semen Portland (SNI 15-2049-2004)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). *Cara Uji Berat Isi, Volume Produksi Campuran dan Kadar Udara Beton (SNI 03-1973-2008)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (SNI 03-1970-2008)*. Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). SNI 03-2847-2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. *Badan Standarisasi Nasional, Jakarta*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). *Tata Cara Pengklasifikasian Tanah untuk Keperluan Teknik dengan Sistem Klasifikasi Unifikasi Tanah SNI 6371:2015*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Budirahardjo, S. (2016). *Petunjuk Praktikum Campuran Beton*. Semarang: Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Semarang.
- Dipohusodo, I. (1996). *Manajemen Proyek & Konstruksi*. Kanisius, Yogyakarta.
- Djiwantoro, H. (2001). *Abu Terbang Solusi Pencemaran Semen*. Jakarta: Sinar Harapan.
- Fanto Pardomuan Pane, H. Tanudjaja, R. S. Windah. (2015). *Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton*. Jurnal Sipil Statik,

- Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado, Vol.3
No.5.
- Hardiyatmo, H. C. (1992). *Mekanika Tanah I*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka
Utama.
- Hermansyah, M. F. (2008). *Pembuatan dan Karakteristik Beton Geopolimer
Berbahan Dasar Abu Terbang dengan Abu Dasar Sebagai Agregat Halus*.
Depok: Universitas Indonesia.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Priambodo, M. P. (2020). *Pengaruh Penambahan Fly Ash dan Polcon Terhadap
Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton*. Jurnal Teknik Sipil, Universitas
Katolik Soegijapranata.
- Satriani. (2019). *Pengaruh Kadar Lumpur Terhadap Kuat Tekan Beton Normal*.
Kalimantan Selatan: Jurnal Teknik Sipil, Politeknik Kotabaru.
- Sugiono. (2002). *Metode Penelitian Administrasi R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (1997). *Metodologi Penelitian Administrasi*. Yogyakarta: CV Alfabeta.
- Tjokrodimuljo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafiri.
- Tjokromuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit.
- Tjokromuljo, K. (2010). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil
Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah
Mada Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Tugas Pembimbing Skripsi



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

Kampus : Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Dr. Cipto, Semarang - Indonesia 50125
Telp. (024) 8452230, Faks. (024) 8448217, E-mail : fti@upgris.ac.id. Website : <http://fti.upgris.ac.id>

SURAT TUGAS PEMBIMBING SKRIPSI

Nomor : 69.257/U/FTI/VIII/2021

Dekan Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang dengan ini memberikan tugas kepada :

- N a m a** : AGUNG KRISTIAWAN, S.T., M.T.
NIP/NPP : 137001386
Pangkat, Gol. : Penata / III c
Jabatan : Lektor
Sebagai : Pembimbing I
- N a m a** : SLAMET BUDIRAHARJO, S.T., M.T.
NIP/NPP : 137101388
Pangkat, Gol. : Penata / III c
Jabatan : Lektor
Sebagai : Pembimbing II

Untuk membimbing Skripsi bagi mahasiswa :

NO.	N P M	NAMA MAHASISWA	PROGRAM STUDI
1.	17640042	AHMAD ALFARIDZI	Teknik Sipil
2.	17640024	MAULIDA KUSUMAWATI	Teknik Sipil
3.			

Judul Skripsi :

ANALISA PENGARUH VARIASI KADAR LUMPUR DAN FLY ASH TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR CAMPURAN BETON DENGAN METODE PERBANDINGAN
1 PC : 2 PS : 3 KR.

Demikian surat tugas untuk dilaksanakan dengan sebaik-baiknya, dengan penuh rasa tanggung jawab dan segera dilaporkan kepada Ketua Program Studi setelah mahasiswa ybs. selesai menyelesaikan Skripsi paling lambat 2 (dua) bulan setelah pelaksanaan ujian.

Semarang, 18 Agustus 2021



Drs. SLAMET SUPRIYADI, M.Env.St
NIP 195912281986031003

Lampiran 2 Lembar Bimbingan Skripsi Dosen I



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

Kampus : Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Dr. Cipto, Semarang – Indonesia 50125
 Telp. (024)8316377, Faks. (024)844217, E-mail : upgrismg@gmail.com, Homepage : www.upgrismg.ac.id

LEMBAR PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : 1. Ahmad Alfaridzi
 : 2. Maulida Kusumawati
 NPM : 1. 17640042
 : 2. 17640024
 Program Studi : Teknik Sipil
 Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Variasi Kadar Lumpur dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Campuran Beton dengan Metode Perbandingan IPC:2PS:3KR
 Dosen Pembimbing I : Agung Kristiawan, S.T.,M.T.
 Dosen Pembimbing II : Slamet Budirahardjo, S.T.,M.T.

No	Hari Tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
1.	$\frac{1}{10}$ 2021	- Batasan no.8 kurang lengkap → umur beton, fas. - Bab 2 → pustaka betn. - Kandungan lumpur 5%, 10%, dst terhadap apa. - fly ash 10%, 20%, 30% terhadap apa.	<i>[Signature]</i>

Dosen Pembimbing I

Mahasiswa I

Mahasiswa II

Agung Kristiawan, S.T.,M.T.
 NIDN. 0605037001

Ahmad Alfaridzi
 NPM.17640042

Maulida Kusumawati
 NPM.17640024



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

Kampus : Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Dr. Cipto, Semarang – Indonesia 50125
Telp. (024)8316377, Faks. (024)844217, E-mail : upgrismg@gmail.com, Homepage : www.upgrismg.ac.id

LEMBAR PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : 1. Ahmad Alfaridzi
: 2. Maulida Kusumawati
NPM : 1. 17640042
: 2. 17640024
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Variasi Kadar Lumpur dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Campuran Beton dengan Metode Perbandingan IPC:2PS:3KR
Dosen Pembimbing I : Agung Kristiawan, S.T.,M.T.
Dosen Pembimbing II : Slamet Budirahardjo, S.T.,M.T.

No	Hari Tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
2.	$\frac{9}{6}$ 2021	- Hipotesis yg ke 2 → fly ash dan kadar lumpur - perawatan beton sesuai bab 2. - lanjut . - Gt. sidang proposal .	
3.	$\frac{6}{12}$ 2021	- pembatasan masalah : perbandingan vol. 1:2:3 -	

Dosen Pembimbing I

Mahasiswa I

Mahasiswa II

Agung Kristiawan, S.T.,M.T.
NIDN. 0605037001

Ahmad Alfaridzi
NPM. 17640042

Maulida Kusumawati
NPM. 17640024



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

Kampus : Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Dr. Cipto, Semarang – Indonesia 50125
Telp. (024)8316377, Faks. (024)844217, E-mail : ungrismg@gmail.com, Homepage : www.ungrismg.ac.id

LEMBAR PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : 1. Ahmad Alfaridzi
: 2. Maulida Kusumawati
NPM : 1. 17640042
: 2. 17640024
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Variasi Kadar Lumpur dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Campuran Beton dengan Metode Perbandingan 1PC:2PS:3KR
Dosen Pembimbing I : Agung Kristiawan, S.T.,M.T.
Dosen Pembimbing II : Slamet Budirahardjo, S.T.,M.T.

No	Hari Tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
4.	$\frac{1}{3}$ 2022	- tabel konversi kuat tekan - t di kesimpulan selokan penelitian lanjutan + aditif y lelekan. - dibuat kesimpulan.	
5.	$\frac{4}{3}$ 2022	- perbaikan kesimpulan	

Dosen Pembimbing I

Mahasiswa I

Mahasiswa II

Agung Kristiawan, S.T.,M.T.
NIDN. 0605037001

Ahmad Alfaridzi
NPM.17640042

Maulida Kusumawati
NPM.17640024

Lampiran 3 Lembar Bimbingan Skripsi Dosen II



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

Kampus : Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Dr. Cipto, Semarang – Indonesia 50125
 Telp. (024)8316377, Faks. (024)844217, E-mail : upgrismg@gmail.com, Homepage : www.upgrismg.ac.id

LEMBAR PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : 1. Ahmad Alfaridzi
 : 2. Maulida Kusumawati
 NPM : 1. 17640042
 : 2. 17640024
 Program Studi : Teknik Sipil
 Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Variasi Kadar Lumpur dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Campuran Beton dengan Metode Perbandingan 1PC:2PS:3KR
 Dosen Pembimbing I : Agung Kristiawan, S.T.,M.T.
 Dosen Pembimbing II : Slamet Budirahardjo, S.T.,M.T.

No	Hari Tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
	7/10 2021	- perbaiki 4. perbandingan lentur Beton → rumus	} h
	15/10 2021	- perbaiki flow chart penelitian skripsi → lebih rinci kebutuhan bahan dasar campuran Beton → dituntut lebih rinci	

Dosen Pembimbing II

Mahasiswa I

Mahasiswa II

Slamet Budirahardjo, S.T.,M.T.
 NIDN. 0616127101

Ahmad Alfaridzi
 NPM.17640042

Maulida Kusumawati
 NPM.17640024



UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA

Kampus : Jalan Sidodadi Timur Nomor 24 Dr. Cipto, Semarang – Indonesia 50125
Telp. (024)8316377, Faks. (024)844217, E-mail : upgrismg@gmail.com, Homepage : www.upgrismg.ac.id

LEMBAR PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : 1. Ahmad Alfaridzi
: 2. Maulida Kusumawati
NPM : 1. 17640042
: 2. 17640024
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Variasi Kadar Lumpur dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Campuran Beton dengan Metode Perbandingan IPC:2PS:3KR
Dosen Pembimbing I : Agung Kristiawan, S.T.,M.T.
Dosen Pembimbing II : Slamet Budirahardjo, S.T.,M.T.

No	Hari Tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
	3/02/2022	- perbaiki format penulisan - m. satuan keluwatan tekan & lentur beton → MPa. - buat grafik & kurva perbandingan hasil uji → analisis hasil.	h
	16/02/2022	- utl. catatan & angka pada grafik → hitungan - gambar bahasa teknis u/. - susunlah hasil eksperimen.	h

Dosen Pembimbing II

Mahasiswa I

Mahasiswa II

Slamet Budirahardjo, S.T.,M.T.
NIDN. 0616127101

Ahmad Alfaridzi
NPM.17640042

Maulida Kusumawati
NPM.17640024

Lampiran 4 Lembar Revisi Ujian Skripsi Penguji I

LEMBAR REVISI UJIAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Maulida Kusumawati

NPM : 17640024

Judul :

Analisa Pengaruh Variasi Kadar Lumpur Dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Campuran Beton Dengan Metode Perbandingan 1PC:2PS:3KR

No	Uraian Revisi	Keterangan
	Hilangkan hipotesis	

Penguji 1,


Dr. Putri Anggi P. S., S.T.,M.T.
NIDN. 0025028204

*) Revisi Maksimal 7 Hari Setelah Pelaksanaan Ujian Skripsi

LEMBAR REVISI UJIAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Ahmad Alfaridzi

NPM : 17640042

Judul :

Analisa Pengaruh Variasi Kadar Lumpur Dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Campuran Beton Dengan Metode Perbandingan 1PC:2PS:3KR

No	Uraian Revisi	Keterangan
	Hilangkan hipotesis	

Penguji I,



Dr. Putri Anggi, P. S., S.T., M.T.
NIDN. 0025028204

*) Revisi Maksimal 7 Hari Setelah Pelaksanaan Ujian Skripsi

Lampiran 5 Lembar Revisi Ujian Skripsi Penguji II

LEMBAR REVISI UJIAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Maulida Kusumawati
NPM : 17640024
Judul :

Analisa Pengaruh Variasi Kadar Lumpur Dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Campuran Beton Dengan Metode Perbandingan IPC:2PS:3KR

No	Uraian Revisi	Keterangan
1.	Gelar pada Dekan FTI	
2.	Tanggal sidang	
3.	Abstrak spasi 1	
4.	Abstrak ditulis italic untuk Bahasa Inggris	

Penguji 2,



Agung Kristiawan, S.T., M.T.
NIDN.0605037001

*) Revisi Maksimal 7 Hari Setelah Pelaksanaan Ujian Skripsi

LEMBAR REVISI UJIAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Ahmad Alfaridzi
NPM : 17640042
Judul :

Analisa Pengaruh Variasi Kadar Lumpur Dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Campuran Beton Dengan Metode Perbandingan IPC:2PS:3KR

No	Uraian Revisi	Keterangan
1.	Gelar pada Dekan FT1	
2.	Tanggal sidang	
3.	Abstrak spasi 1	
4.	Abstrak ditulis italic untuk Bahasa Inggris	

Penguji 2,



Agung Kristiawan, S.T., M.T.
NIDN.0605037001

*) Revisi Maksimal 7 Hari Setelah Pelaksanaan Ujian Skripsi

Lampiran 6 Lembar Revisi Ujian Skripsi Penguji III

LEMBAR REVISI UJIAN SKRIPSI

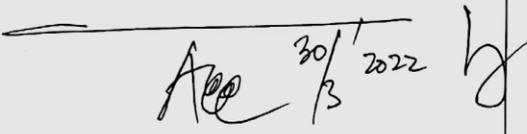
Nama Mahasiswa : Maulida Kusumawati

NPM : 17640024

Judul :

Analisa Pengaruh Variasi Kadar Lumpur Dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Campuran Beton Dengan Metode Perbandingan IPC:2PS:3KR

No	Uraian Revisi	Keterangan
1.	Gelar Pak Dekan diperbaiki	
2.	Perbaiki susunan untuk pengujinya	



Penguji 3,



Slamet Budirahardjo, S.T., M.T.

NIDN. 0616127101

*) Revisi Maksimal 7 Hari Setelah Pelaksanaan Ujian Skripsi

LEMBAR REVISI UJIAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Ahmad Alfaridzi

NPM : 17640042

Judul :

Analisa Pengaruh Variasi Kadar Lumpur Dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Campuran Beton Dengan Metode Perbandingan 1PC:2PS:3KR

No	Uraian Revisi	Keterangan
1.	Gelar Pak Dekan diperbaiki	
2.	Perbaiki susunan untuk pengujinya	

Handwritten signature and date:
Ace 30/3/2022

Penguji 3.



Slamet Budirahardjo, S.T., M.T.

NIDN. 0616127101

*) Revisi Maksimal 7 Hari Setelah Pelaksanaan Ujian Skripsi



Pekerjaan : Pengujian Gradasi Agregat Halus

Asal Sampel : Pasir Muntilan

Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)

2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

Pengujian Gradasi Agregat Halus

Diameter Saringan	Berat Agregat Tertahan Saringan			Persentase Tertahan (%)			Persentase Lolos (%)			Rata - Rata
	Percobaan			Percobaan			Percobaan			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
2"	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
1,5"	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
3/4"	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
3/8"	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
#4	5	5	5	1	1	1	99	99	99	99
#8	25	25	20	6	6	5	94	94	95	94,33
#16	80	80	75	22	22	20	78	78	80	78,67
#30	80	80	85	38	38	37	62	62	63	62,33
#50	140	135	145	66	65	66	34	35	34	34,33
#100	125	130	125	91	91	91	9	9	9	9
Pan	45	45	45	100	100	100	0	0	0	0

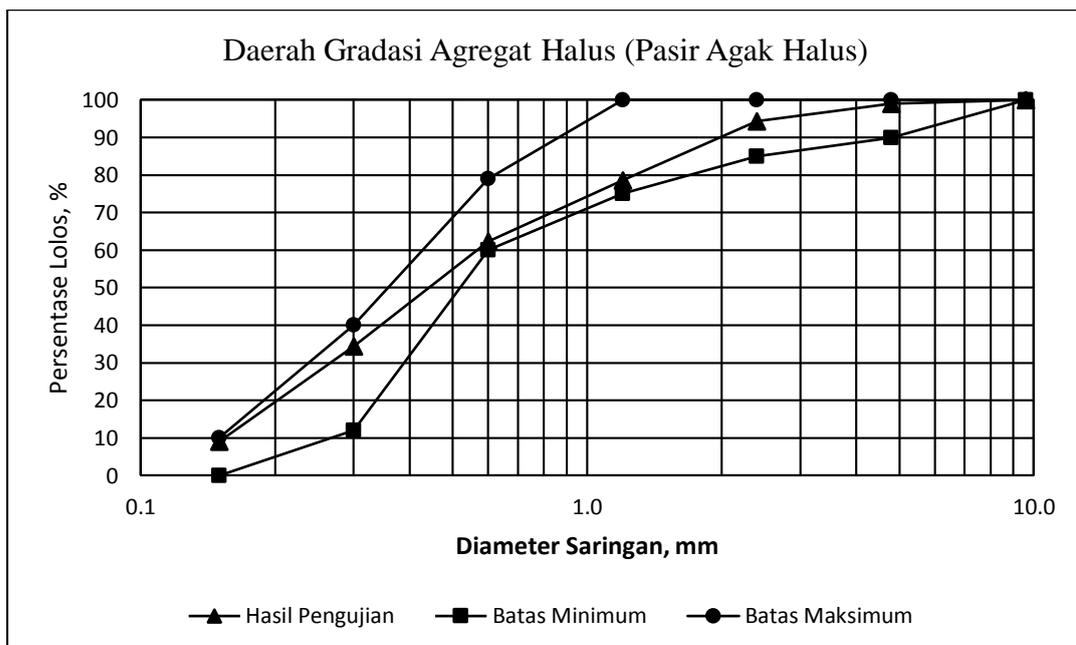


Pekerjaan : Pengujian Gradasi Agregat Halus
Asal Sampel : Pasir Muntilan
Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)
2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

Hasil Analisis Gradasi Agregat Halus

Diameter Saringan	Batas Maksimum	Batas Minimum	Hasil
9,6	100	100	100
4,8	100	90	99
2,4	100	85	94,33
1,2	100	75	78,67
0,6	79	60	62,33
0,3	40	12	34,33
0,15	10	0	9

Hasil Gradasi Agregat Halus





Pekerjaan : Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Asal Sampel : Pasir Muntilan

Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)

2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

	Pemeriksaan	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD)	500	500	500	
B	Berat contoh kering oven	492,30	493,10	492,70	
C	Berat labu + aquades (temperatur 25°C)	661,20	663,10	662,30	
D	Berat labu + contoh + aquades (temperatur 25°C)	983,10	977,50	969,80	
E	Berat jenis <i>bulk</i> = $(B)/(C+A-D)$	2,76	2,66	2,56	2,66
F	Berat jenis SSD = $(A)/(C+A-D)$	2,81	2,69	2,60	2,70
G	Berat jenis semu (<i>Apparent</i>) = $(B)/(C+B-D)$	2,89	2,76	2,66	2,77
H	Penyerapan (<i>Absorption</i>) = $\{(A-B)/(B)\} \times 100\%$	1,56	1,40	1,48	1,48



Pekerjaan : Pengujian Berat Isi Lepas dan Padat Agregat Halus

Asal Sampel : Pasir Muntilan

Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)

2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Halus

	Pengukuran	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat Tabung Silinder (gr)	3110			
B	Volume Tabung (cm ³)	3918,72			
C	Berat Tabung + Agregat (gr)	7835	7850	7855	7846,67
D	Berat Agregat [C-A] (gr)	4725	4740	4745	4736,67
E	Berat Isi Lepas [D/B] (gr/cm ³)	1,21	1,21	1,21	1,21

Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus

	Pengukuran	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat Tabung Silinder (gr)	3110			
B	Volume Tabung (cm ³)	3918,72			
C	Berat Tabung + Agregat (gr)	8995	8990	7855	8613,33
D	Berat Agregat [C-A] (gr)	5885	5880	4745	5503,33
E	Berat Isi Padat [D/B] (gr/cm ³)	1,50	1,50	1,21	1,40

$$\begin{aligned} \text{Voids Lepas} &= \frac{[(S \times W) - \text{Berat Isi Lepas Agg}]}{(S \times W)} \times 100\% \\ &= \frac{[(2,66 \times 0,998) - 1,21]}{(2,66 \times 0,998)} \times 100\% \\ &= 54,42\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Voids Padat} &= \frac{[(S \times W) - \text{Berat Isi Padat Agg}]}{(S \times W)} \times 100\% \\ &= \frac{[(2,66 \times 0,998) - 1,40]}{(2,66 \times 0,998)} \times 100\% \\ &= 47,26\% \end{aligned}$$



LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
Kampus 3 Jalan Pawiyatan Luhur III Bendan Duwur Semarang

Pekerjaan : Pengujian Gradasi Agregat Kasar

Asal Sampel : Split Ukuran 10-20 mm

Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)

2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

Pengujian Gradasi Agregat Kasar

Diameter Saringan	Berat Agregat Tertahan Saringan			Persentase Tertahan (%)			Persentase Lolos (%)			Rata - Rata
	Percobaan			Percobaan			Percobaan			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
2"	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
1,5"	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
3/4"	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
3/8"	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100
#4	5	5	5	1	1	1	99	99	99	99
#8	25	25	20	6	6	5	94	94	95	94,33
#16	80	80	75	22	22	20	78	78	80	78,67
#30	80	80	85	38	38	37	62	62	63	62,33
#50	140	135	145	66	65	66	34	35	34	34,33
#100	125	130	125	91	91	91	9	9	9	9
Pan	45	45	45	100	100	100	0	0	0	0



Pekerjaan : Pengujian Gradasi Agregat Kasar

Asal Sampel : Split Ukuran 10-20 mm

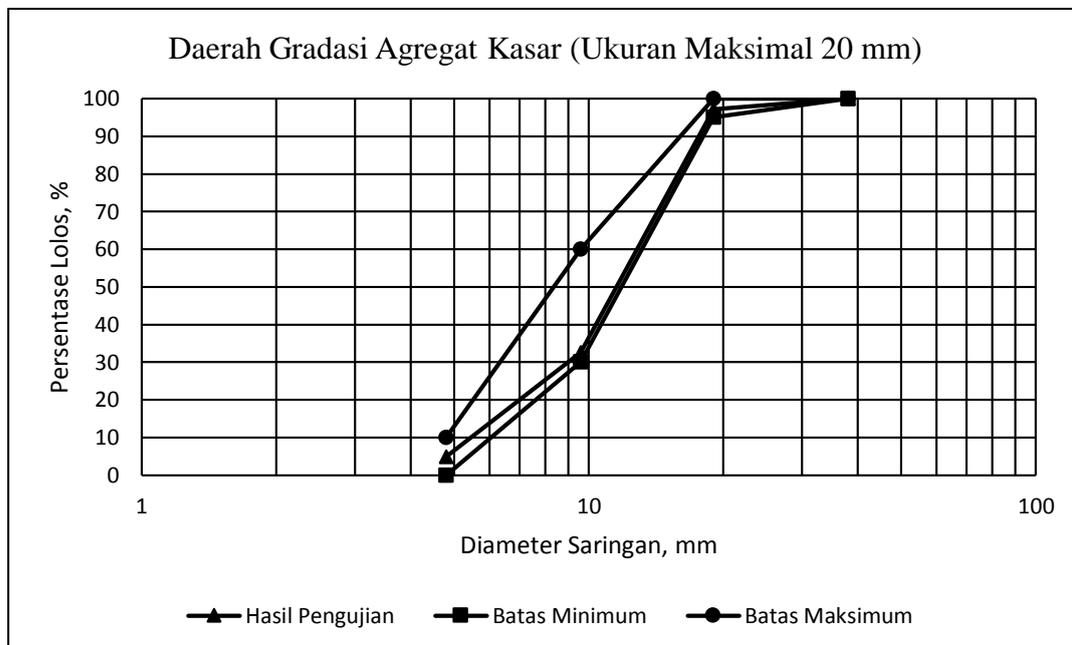
Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)

2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

Hasil Analisis Gradasi Agregat Kasar

Diameter Saringan	Batas Maksimum	Batas Minimum	Hasil
38	100	100	100
19	100	95	97,17
9,6	60	30	32,67
4,8	10	0	4,8

Hasil Gradasi Agregat Kasar





Pekerjaan : Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Asal Sampel : Split Ukuran 10-20 mm

Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)

2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

	Pemeriksaan	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat Contoh Kering Oven	945	950	960	
B	Berat Contoh Jenuh Kering Permukaan (SSD)	960	960	975	
C	Berat Contoh dalam Air	620	625	625	
D	Berat Jenis <i>Bulk</i> = $(A)/(B-C)$	2,78	2,84	2,74	2,79
E	Berat Jenis SSD = $(B)/(B-C)$	2,82	2,87	2,79	2,82
F	Berat Jenis Semu = $(A)/(A-C)$	2,91	2,92	2,87	2,90
G	Penyerapan (<i>Absorption</i>) = $\{(B-A)/(A)\} \times 100\%$	1,59	1,05	1,56	1,40



Pekerjaan : Pengujian Berat Isi Lepas dan Padat Agregat Kasar

Asal Sampel : Split Ukuran 10-20 mm

Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)

2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Kasar

	Pengukuran	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat Tabung Silinder (gr)	3110			
B	Volume Tabung (cm ³)	3918,72			
C	Berat Tabung + Agregat (gr)	8420	8435	8440	8431,67
D	Berat Agregat [C-A] (gr)	5310	5325	5330	5321,67
E	Berat Isi Lepas [D/B] (gr/cm ³)	1,36	1,36	1,36	1,36

Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar

	Pengukuran	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat Tabung Silinder (gr)	3110			
B	Volume Tabung (cm ³)	3918,72			
C	Berat Tabung + Agregat (gr)	9035	9045	9050	9043,33
D	Berat Agregat [C-A] (gr)	5925	5935	5940	5933,33
E	Berat Isi Padat [D/B] (gr/cm ³)	1,51	1,51	1,52	1,51

$$\begin{aligned} \text{Voids Lepas} &= \frac{[(S \times W) - \text{Berat Isi Lepas Agg}]}{(S \times W)} \times 100\% \\ &= \frac{[(2,82 \times 0,998) - 1,36]}{(2,82 \times 0,998)} \times 100\% \\ &= 51,68\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Voids Padat} &= \frac{[(S \times W) - \text{Berat Isi Padat Agg}]}{(S \times W)} \times 100\% \\ &= \frac{[(2,82 \times 0,998) - 1,51]}{(2,66 \times 0,998)} \times 100\% \\ &= 46,35\% \end{aligned}$$



Pekerjaan : Pengujian Berat Isi Lepas dan Padat Semen

Asal Sampel : Semen Tipe I (Semen Gresik)

Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)

2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

Pengujian Berat Isi Lepas Semen

	Pengukuran	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat Tabung Silinder (gr)	3110			
B	Volume Tabung (cm ³)	3918,72			
C	Berat Tabung + Agregat (gr)	7330	7345	7340	7338,33
D	Berat Agregat [C-A] (gr)	4220	4235	4230	4228,33
E	Berat Isi Lepas [D/B] (gr/cm ³)	1,08	1,08	1,08	1,08

Pengujian Berat Isi Padat Semen

	Pengukuran	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat Tabung Silinder (gr)	3110			
B	Volume Tabung (cm ³)	3918,72			
C	Berat Tabung + Agregat (gr)	8300	8315	8310	8308,33
D	Berat Agregat [C-A] (gr)	5190	5205	5200	5198,33
E	Berat Isi Padat [D/B] (gr/cm ³)	1,32	1,33	1,33	1,33



Pekerjaan : Pengujian Berat Isi Lepas dan Padat *Fly Ash*

Asal Sampel : PT. Pionirbeton Industri, Kabupaten Kendal.

Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)

2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

Pengujian Berat Isi Lepas *Fly Ash*

	Pengukuran	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat Tabung Silinder (gr)	3110			
B	Volume Tabung (cm ³)	3918,72			
C	Berat Tabung + Agregat (gr)	7725	7730	7725	7726,67
D	Berat Agregat [C-A] (gr)	4615	4620	4615	4616,67
E	Berat Isi Lepas [D/B] (gr/cm ³)	1,18	1,18	1,18	1,18

Pengujian Berat Isi Padat *Fly Ash*

	Pengukuran	Sampel			Rata-rata
		I	II	III	
A	Berat Tabung Silinder (gr)	3110			
B	Volume Tabung (cm ³)	3918,72			
C	Berat Tabung + Agregat (gr)	8575	8590	8580	8581,67
D	Berat Agregat [C-A] (gr)	5465	5480	5470	5471,67
E	Berat Isi Padat [D/B] (gr/cm ³)	1,39	1,40	1,40	1,40



Pekerjaan : Pengujian Slump

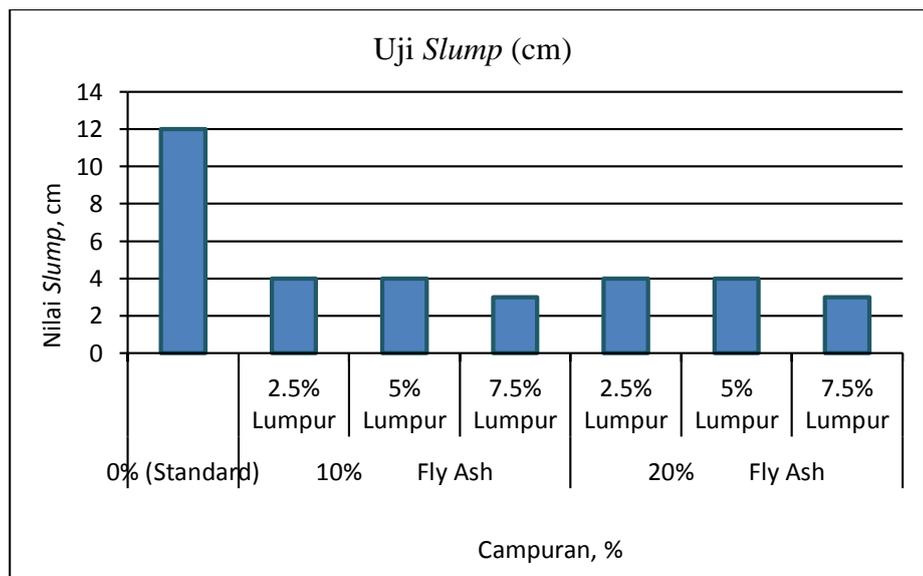
Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)

2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

Pengujian Slump

Campuran		Slump (cm)
0% (Standard)		12
10% <i>Fly Ash</i>	2,5% Lumpur	4
	5% Lumpur	4
	7,5% Lumpur	3
20% <i>Fly Ash</i>	2,5% Lumpur	4
	5% Lumpur	4
	7,5% Lumpur	3

Grafik Pengujian Slump



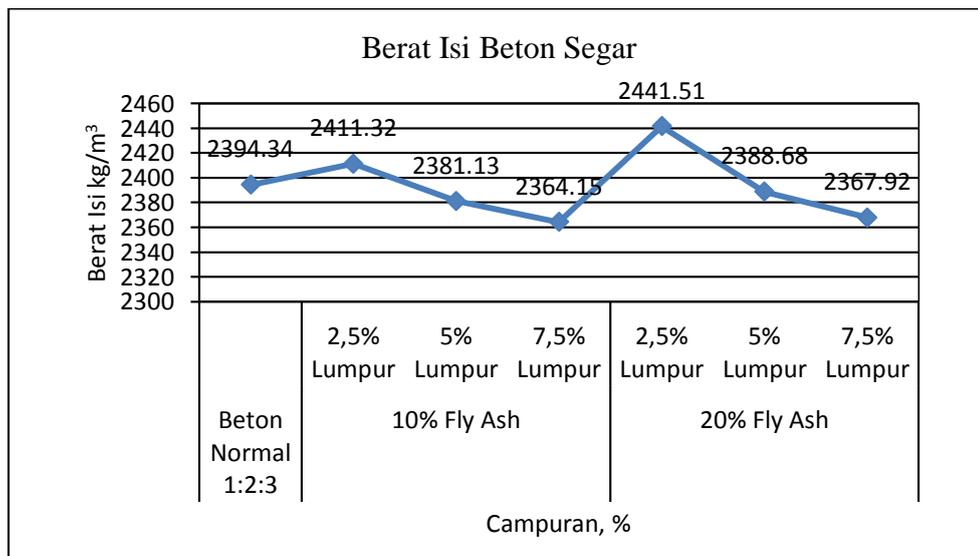


Pekerjaan : Pengujian Berat Isi Beton Segar
 Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)
 2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

Pengujian Berat Isi Beton Segar

	Pemeriksaan	Campuran						
		Beton Normal 1:2:3	10% Fly Ash			20% Fly Ash		
			Variasi Kadar Lumpur			Variasi Kadar Lumpur		
			2,5%	5%	7,5%	2,5%	5%	7,5%
A	Berat Silinder (kg)	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2
B	Volume Silinder (m ³)	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053
C	Berat Silinder+Beton Segar (kg)	23,90	23,99	23,83	23,74	24,15	23,87	23,76
D	Berat Isi (C-A)/B (kg/m ³)	2395,28	2412,26	2382,08	2365,09	2442,45	2389,62	2368,87

Grafik Pengujian Berat Isi Beton Segar





Pekerjaan : Pengujian Berat Isi Beton Kering

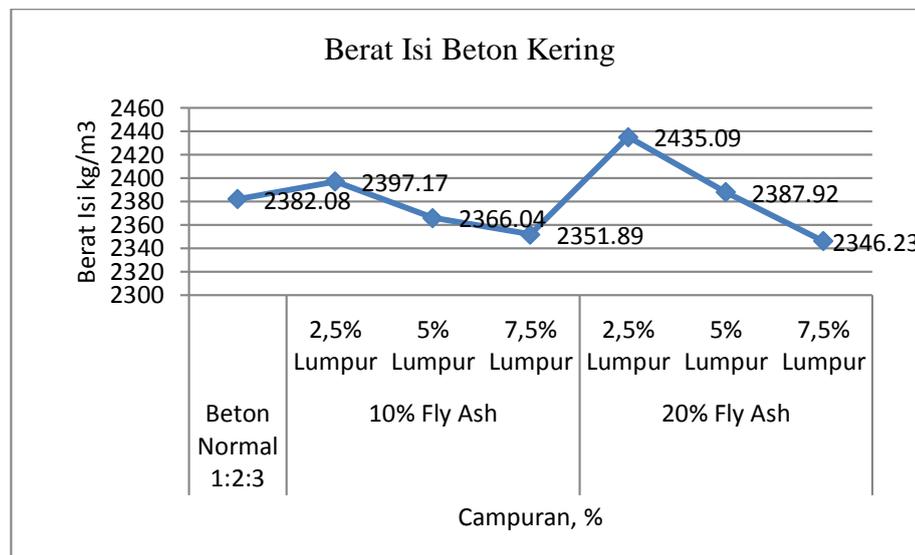
Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)

2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

Pengujian Berat Isi Beton Kering

	Pemeriksaan	Campuran						
		Beton Normal 1:2:3	10% Fly Ash			20% Fly Ash		
			Variasi Kadar Lumpur			Variasi Kadar Lumpur		
			2,5%	5%	7,5%	2,5%	5%	7,5%
A	Volume Silinder (m ³)	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053	0,0053
B	Berat Sampel (kg)	12,63	12,71	12,54	12,47	12,91	12,66	12,51
C	Berat Isi A/B (kg/m ³)	2382,08	2397,17	2365,66	2351,89	2435,28	2388,11	2360,94

Grafik Pengujian Berat Isi Beton Kering





LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
 Kampus 3 Jalan Pawiyatan Luhur III Bendan Duwur Semarang

Pekerjaan : Pengujian Kuat Tekan Beton 14 Hari
 Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)
 2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

Pengujian Kuat Tekan Beton 14 Hari

No	Kode Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur Beton (hari)	Berat Benda Uji (gram)	Bacaan Dial (KN)	Kokoh Tekan Silinder (Mpa)	Perkiraan Kokoh Silinder Beton 28 Hari (MPa)
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]= [D]-[C]	[F]	[G]	[H]= [G]/A	[I]=[H]/n
1	Normal 1PC:2PS:3KR	5/12/2021	19/12/2021	14 hari	12585	265	14.990	17.03
2		5/12/2021	19/12/2021		12610	270	15.273	17.36
3		5/12/2021	19/12/2021		12680	280	15.838	18.00
4	10% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	7/12/2021	20/12/2021	14 hari	12690	270	15.273	17.36
5		7/12/2021	20/12/2021		12730	280	15.838	18.00
6		7/12/2021	20/12/2021		12695	280	15.838	18.00
7	10% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	12/12/2021	26/12/2021	14 hari	12520	255	14.424	16.39
8		12/12/2021	26/12/2021		12535	255	14.424	16.39
9		12/12/2021	26/12/2021		12560	260	14.707	16.71
10	10% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	13/12/2021	27/12/2021	14 hari	12450	220	12.444	14.14
11		13/12/2021	27/12/2021		12480	230	13.010	14.78
12		13/12/2021	27/12/2021		12465	230	13.010	14.78
13	20% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	14/12/2021	28/12/2021	14 hari	12890	315	17.818	20.25
14		14/12/2021	28/12/2021		12920	320	18.101	20.57
15		14/12/2021	28/12/2021		12910	315	17.818	20.25
16	20% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	15/12/2021	29/12/2021	14 hari	12675	275	15.556	17.68
17		15/12/2021	29/12/2021		12630	265	14.990	17.03
18		15/12/2021	29/12/2021		12665	270	15.273	17.36
19	20% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	22/12/2021	5/1/2022	14 hari	12455	240	13.576	15.43
20		22/12/2021	5/1/2022		12520	230	13.010	14.78
21		22/12/2021	5/1/2022		12565	240	13.576	15.43

Note : Luas Penampang (A) = $1/4\pi d^2 = 17678,57 \text{ mm}^2$

Nilai konversi kuat tekan beton hari ke-14 (n) = 0,88



Pekerjaan : Pengujian Kuat Tekan Beton 14 Hari

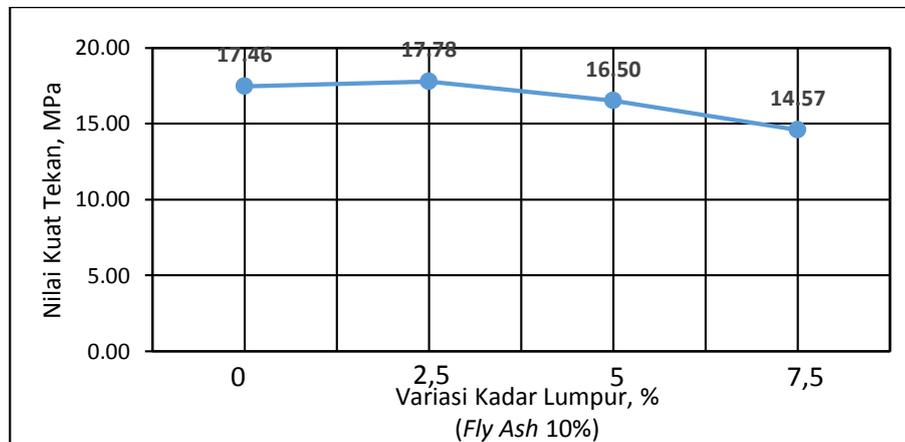
Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)

2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

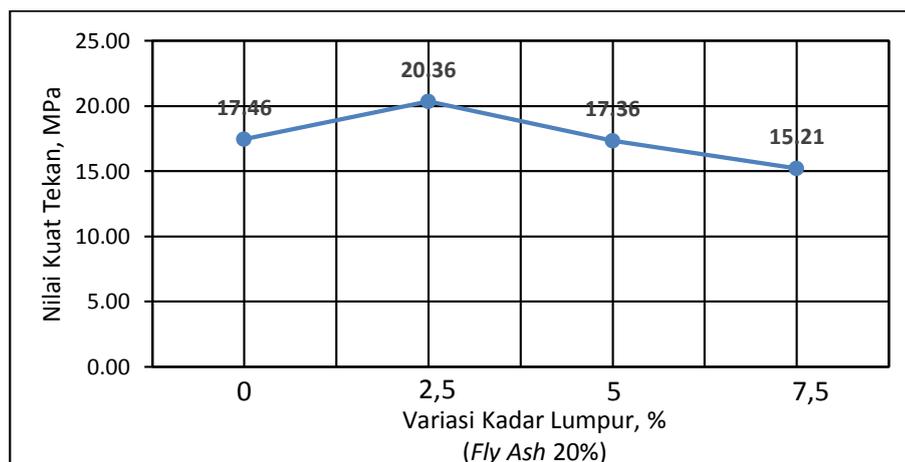
Hasil Rata-Rata Kuat Tekan Beton 14 Hari

No	Kode Benda Uji	Nilai Kuat Tekan Beton (Mpa)
1	Normal 1PC:2PS:3KR	17,46
2	10% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	17,78
3	10% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	16,50
4	10% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	14,57
5	20% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	20,36
6	20% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	17,36
7	20% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	15,21

Grafik Kuat Tekan Beton 14 Hari pada Kandungan *Fly Ash* 10%



Grafik Kuat Tekan Beton 14 Hari pada Kandungan *Fly Ash* 20%





LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
 Kampus 3 Jalan Pawiyatan Luhur III Bendan Duwur Semarang

Pekerjaan : Pengujian Kuat Tekan Beton 21 Hari
 Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)
 2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

Pengujian Kuat Tekan Beton 21 Hari

No	Kode Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Umur Beton (hari)	Berat Benda Uji (gram)	Bacaan Dial (KN)	Kokoh Tekan Silinder (Mpa)	Perkiraan Kokoh Silinder Beton 28 Hari (MPa)
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]= [D]-[C]	[F]	[G]	[H]= [G]/A	[I]=[H]/n
1	Normal 1PC:2PS:3KR	5/12/2021	26/12/2021	21 hari	12590	295	16.687	17.57
2		5/12/2021	26/12/2021		12630	310	17.535	18.46
3		5/12/2021	26/12/2021		12620	310	17.535	18.46
4	10% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	7/12/2021	28/12/2021	21 hari	12695	310	17.535	18.46
5		7/12/2021	28/12/2021		12740	320	18.101	19.05
6		7/12/2021	28/12/2021		12690	315	17.818	18.76
7	10% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	6/12/2021	27/12/2021	21 hari	12510	280	15.838	16.67
8		6/12/2021	27/12/2021		12520	290	16.404	17.27
9		6/12/2021	27/12/2021		12585	290	16.404	17.27
10	10% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	11/12/2021	1/1/2022	21 hari	12445	250	14.141	14.89
11		11/12/2021	1/1/2022		12495	260	14.707	15.48
12		11/12/2021	1/1/2022		12475	260	14.707	15.48
13	20% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	11/12/2021	1/1/2022	21 hari	12885	355	20.081	21.14
14		11/12/2021	1/1/2022		12905	370	20.929	22.03
15		11/12/2021	1/1/2022		12895	360	20.364	21.44
16	20% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	20/12/2021	10/1/2022	21 hari	12650	310	17.535	18.46
17		20/12/2021	10/1/2022		12610	300	16.970	17.86
18		20/12/2021	10/1/2022		12685	310	17.535	18.46
19	20% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	21/12/2021	11/1/2022	21 hari	12450	270	15.273	16.08
20		21/12/2021	11/1/2022		12410	265	14.990	15.78
21		21/12/2021	11/1/2022		12405	265	14.990	15.78

Note : Luas Penampang (A) = $1/4\pi d^2 = 17678,57 \text{ mm}^2$

Nilai konversi kuat tekan beton hari ke-14 (n) = 0,95

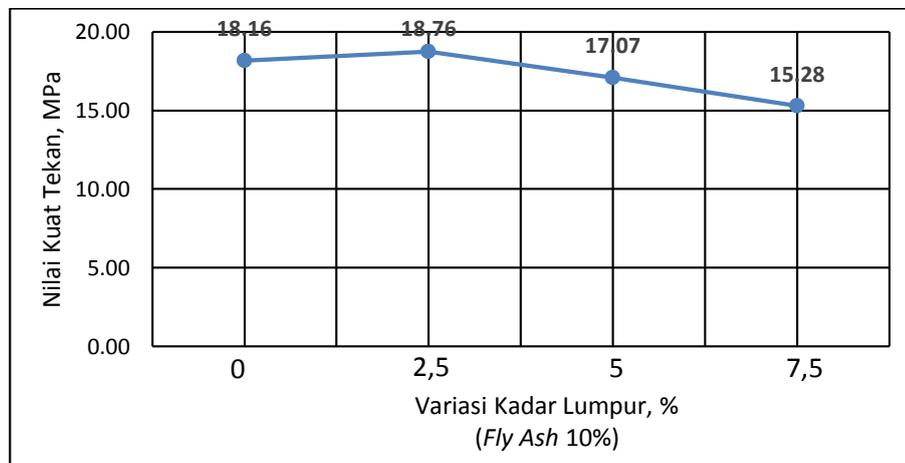


Pekerjaan : Pengujian Kuat Tekan Beton 21 Hari
Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)
2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

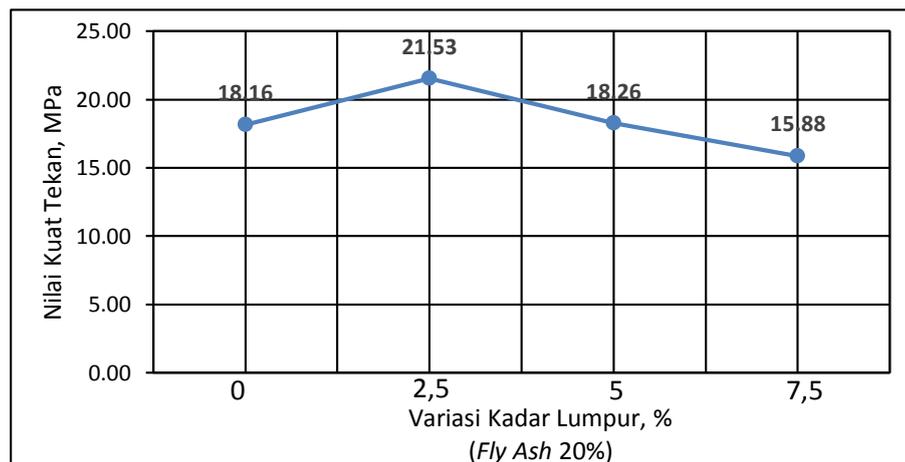
Hasil Rata-Rata Kuat Tekan Beton 21 Hari

No	Kode Benda Uji	Nilai Kuat Tekan Beton (Mpa)
1	Normal 1PC:2PS:3KR	18.16
2	10% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	18.76
3	10% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	17.07
4	10% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	15.28
5	20% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	21.53
6	20% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	18.26
7	20% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	15.88

Grafik Kuat Tekan Beton 21 Hari pada Kandungan *Fly Ash* 10%



Grafik Kuat Tekan Beton 21 Hari pada Kandungan *Fly Ash* 20%





LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
Kampus 3 Jalan Pawiyatan Luhur III Bendan Duwur Semarang

Pekerjaan : Pengujian Kuat Lentur Beton 14 Hari
Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)
2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

Pengujian Kuat Lentur Beton 14 Hari

Kode (K)	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Lebar (b) mm	Tinggi (h) mm	Panjang (l) mm	Beban (P) KN	M (KN,mm) 1/2P X 1/3L	W (mm ³) 1/6bh ²	σ (N/mm ²) M/W
Normal 1PC:2PS:3KR	12/12/2021	26/12/2021	150	150	600	8	800	562500	1.42
	12/12/2021	26/12/2021	150	150	600	9	900	562500	1.60
10% <i>Fly Ash</i> + 2,5 % Lumpur	13/12/2021	27/12/2021	150	150	600	9	900	562500	1.60
	13/12/2021	27/12/2021	150	150	600	9	900	562500	1.60
10% <i>Fly Ash</i> + 5 % Lumpur	14/12/2021	28/12/2021	150	150	600	6	600	562500	1.07
	14/12/2021	28/12/2021	150	150	600	7	700	562500	1.24
10% <i>Fly Ash</i> + 7,5 % Lumpur	15/12/2021	29/12/2021	150	150	600	5	500	562500	0.89
	15/12/2021	29/12/2021	150	150	600	5	500	562500	0.89
20% <i>Fly Ash</i> + 2,5 % Lumpur	16/12/2021	30/12/2021	150	150	600	11	1100	562500	1.96
	16/12/2021	30/12/2021	150	150	600	10	1000	562500	1.78
20% <i>Fly Ash</i> + 5 % Lumpur	20/12/2021	3/1/2022	150	150	600	8	800	562500	1.42
	20/12/2021	3/1/2022	150	150	600	8	800	562500	1.42
20% <i>Fly Ash</i> + 7,5 % Lumpur	21/12/2021	4/1/2022	150	150	600	6	600	562500	1.07
	21/12/2021	4/1/2022	150	150	600	6	600	562500	1.07



Pekerjaan : Pengujian Kuat Lentur Beton 14 Hari

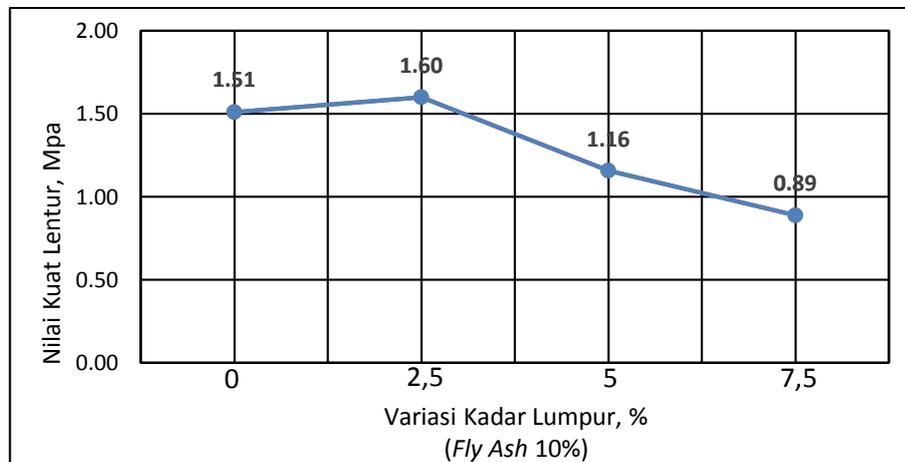
Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)

2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

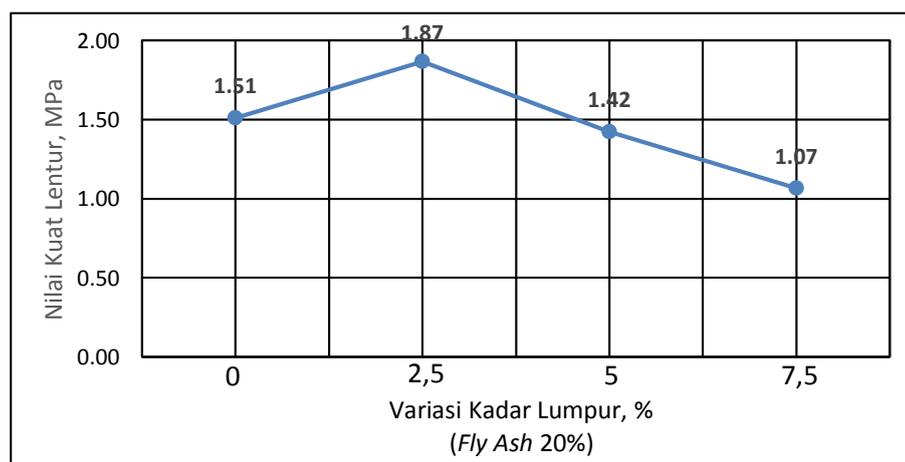
Hasil Rata-Rata Kuat Lentur Beton 14 Hari

No	Kode Benda Uji	Nilai Kuat Lentur Beton (Mpa)
1	Normal 1PC:2PS:3KR	1,51
2	10% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	1,60
3	10% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	1,16
4	10% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	0,89
5	20% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	1,87
6	20% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	1,42
7	20% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	1,07

Grafik Kuat Lentur Beton 14 Hari pada Kandungan *Fly Ash* 10%



Grafik Kuat Lentur Beton 14 Hari pada Kandungan *Fly Ash* 20%





LABORATORIUM TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG
Kampus 3 Jalan Pawiyatan Luhur III Bendan Duwur Semarang

Pekerjaan : Pengujian Kuat Lentur Beton 21 Hari
Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)
2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

Pengujian Kuat Lentur Beton 21 Hari

Kode (K)	Tanggal Pembuatan	Tanggal Pengujian	Lebar (b) mm	Tinggi (h) mm	Panjang (l) mm	Beban (P) KN	M (KN,mm) 1/2P X 1/3L	W (mm ³) 1/6bh ²	σ (N/mm ²) M/W
Normal 1PC:2PS:3KR	29/11/2021	20/12/2021	150	150	600	9	900	562500	1.60
	29/11/2021	20/12/2021	150	150	600	9	900	562500	1.60
10% <i>Fly Ash</i> + 2,5 % Lumpur	30/11/2021	21/12/2021	150	150	600	10	1000	562500	1.78
	30/11/2021	21/12/2021	150	150	600	10	1000	562500	1.78
10% <i>Fly Ash</i> + 5 % Lumpur	1/12/2021	22/12/2021	150	150	600	8	800	562500	1.42
	1/12/2021	22/12/2021	150	150	600	7	e700	562500	1.24
10% <i>Fly Ash</i> + 7,5 % Lumpur	2/12/2021	23/12/2021	150	150	600	5	500	562500	0.89
	2/12/2021	23/12/2021	150	150	600	6	600	562500	1.07
20% <i>Fly Ash</i> + 2,5 % Lumpur	3/12/2021	24/12/2021	150	150	600	12	1200	562500	2.13
	3/12/2021	24/12/2021	150	150	600	11	1100	562500	1.96
20% <i>Fly Ash</i> + 5 % Lumpur	4/12/2021	25/12/2021	150	150	600	9	900	562500	1.60
	4/12/2021	25/12/2021	150	150	600	9	900	562500	1.60
20% <i>Fly Ash</i> + 7,5 % Lumpur	6/12/2021	27/12/2021	150	150	600	7	700	562500	1.24
	6/12/2021	27/12/2021	150	150	600	6	600	562500	1.07



Pekerjaan : Pengujian Kuat Lentur Beton 21 Hari

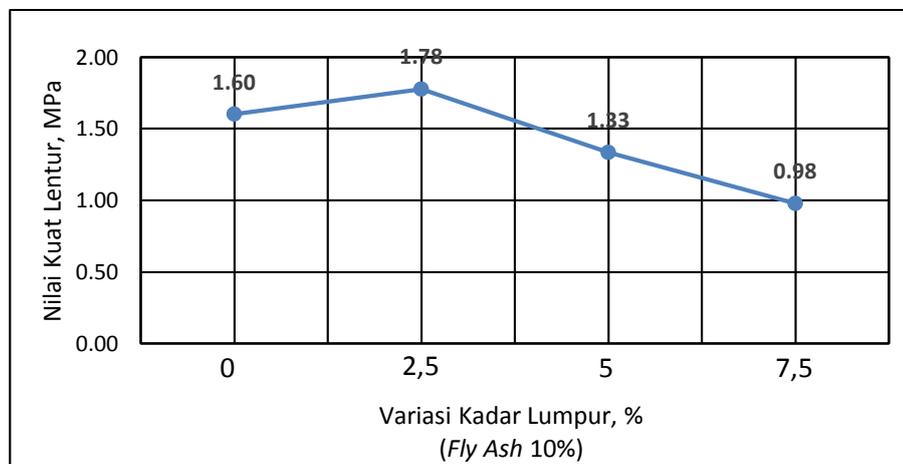
Nama Penguji : 1. Maulida Kusumawati (17640024)

2. Ahmad Alfaridzi (17640042)

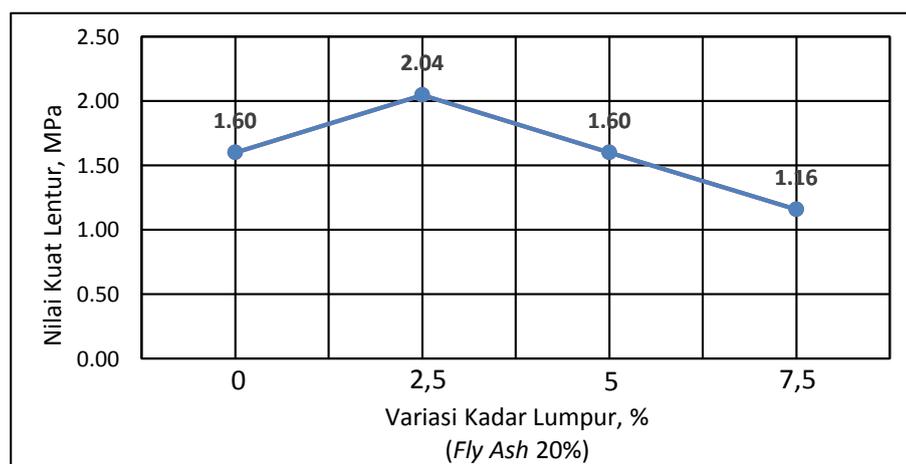
Hasil Rata-Rata Kuat Lentur Beton 21 Hari

No	Kode Benda Uji	Nilai Kuat Lentur Beton (Mpa)
1	Normal 1PC:2PS:3KR	1,60
2	10% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	1,78
3	10% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	1,33
4	10% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	0,98
5	20% <i>Fly Ash</i> + 2,5% Lumpur	2,04
6	20% <i>Fly Ash</i> + 5% Lumpur	1,60
7	20% <i>Fly Ash</i> + 7,5% Lumpur	1,16

Grafik Kuat Lentur Beton 21 Hari pada Kandungan *Fly Ash* 10%



Grafik Kuat Lentur Beton 21 Hari pada Kandungan *Fly Ash* 20%





Pengujian Gradasi Agregat Halus dan Agregat Kasar





Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus dan Agregat Kasar





Pengujian Berat Isi (Lepas dan Padat) Agregat Halus dan Agregat Kasar





Pengujian *Slump*





Pengujian Berat Isi Kering dan Basah



Persiapan Alat dan Bahan Pembuatan Beton





Pengujian Kuat Tekan Beton





Pengujian Kuat Lentur Beton

