

TUGAS AKHIR
KEKUATAN LENTUR BETON DENGAN METODE
FEROSEMEN BERBAHAN ABU SEKAM PADI
(Studi Penelitian)

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi Pada Program Studi
Teknik Sipil Jenjang Strata I Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara



DISUSUN OLEH :

DAVANDI RILZA

NPM. 1907210204

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Davandi Rilza
Npm : 1907210204
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Kekuatan Lentur Beton dengan Metode Ferosemen Berbahan Abu Sekam Padi
Bidang Ilmu : Struktur

Telah Berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 09 September 2023
Dosen Pembimbing



Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

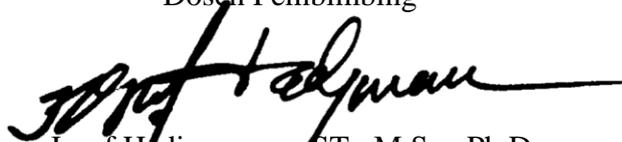
Nama : Davandi Rilza
Npm : 1907210204
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Kekuatan Lentur Beton dengan Metode Ferosemen Berbahan Abu Sekam Padi
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil di pertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 09 September 2023

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing



Josef Hadipramana, ST., M.Sc., Ph.D

Dosen Pembanding I



Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D

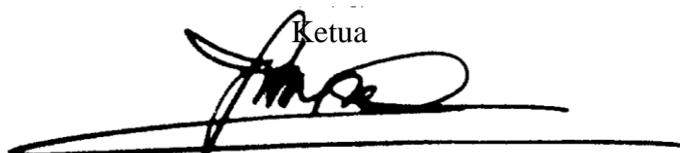
Dosen Pembanding II



Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D

Program Studi Teknik Sipil

Ketua



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc., Ph.D

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini di ajukan oleh:

Nama : Davandi Rilza
Tempat, tanggal lahir : Medan, 28 Maret 2000
Npm : 1907210204
Fakultas : Teknik
Program studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir berjudul “Kekuatan Lentur Beton dengan Metode Fero semen Berbahan Abu Sekam Padi”.

Bukan merupakan plagiatisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang bentuk untuk melakukan verifikasi dengan sanksi terberat dengan pembatalan kelulusan atau kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademi di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 09 September 2023

Saya Menyatakan,



Davandi Rilza

ABSTRAK

KEKUATAN LENTUR BETON DENGAN METODE FEROSEMEN BERBAHAN ABU SEKAM PADI

(STUDI PENELITIAN)

Davandi Rilza

1907210204

Josef Hadipramana, ST.,M.Sc.,Ph.D

Ferosemen adalah struktur beton bertulang tipis yang digunakan dalam konstruksi teknik, di mana semen terhidrolisis sering diperkuat oleh lapisan jaring berdiameter kecil/ ditulangi dengan lapisan-lapisan jala yang bergaris tengah kecil yang menerus. Keunggulan ferosemen adalah kesederhanaan konstruksi karena prosesnya mirip dengan bahan bangunan pada umumnya (beton dan mortar), persediaannya mudah diakses, dan jumlah bahan yang dibutuhkan relatif kecil. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui perbedaan kekuatan lentur beton dengan metode ferosemen berbahan abu sekam padi.. Pada penelitian ini menggunakan benda uji balok sebagai kuat lentur. Variasi ASP sebagai filler memiliki 3 variasi yaitu 10% ASP, 20% ASP, 30% ASP.

Hasil uji menunjukkan penggunaan ASP berpengaruh pada kekuatan beton. Penurunan kuat lentur beton variasi 10% ASP sebesar 2,50 Mpa dengan persentase penurunan sebesar 13,61%, Penurunan kuat lentur beton variasi 20% ASP sebesar 2 Mpa dengan persentase penurunan sebesar 30,61 %, Penurunan kuat lentur beton variasi 30% ASP sebesar 1,6 Mpa dengan persentase penurunan sebesar 45,58 %, mengalami penurunan nilai kuat lentur dari pada beton normal. Hasil penelitian ini bahwa terdapat perbedaan dan penurunan pada kekuatan lentur beton dengan metode ferosemen berbahan abu sekam padi.

Kata kunci: Ferosemen, Abu sekam padi, Kuat lentur,

ABSTRACT

FLEXIBLE STRENGTH OF CONCRETE WITH THE FERROCEMENT METHOD FROM RICE HUSK ASH

(RESEARCH STUDY)

Davandi Rilza

1907210204

Josef Hadipramana, ST.,M.Sc.,Ph.D

Ferrocement is a thin reinforced concrete structure used in engineering construction, in which hydrolyzed cement is often reinforced by a mesh layer of small diameter/reinforced with continuous layers of small diameter mesh. The advantages of ferrocement are the simplicity of construction because the process is similar to building materials in general (concrete and mortar), supplies are easily accessible, and the amount of material needed is relatively small. The purpose of this study was to determine the differences in the flexural strength of concrete using the ferrocement method made from rice husk ash. In this study, beam test specimens were used as flexural strength. Variation of ASP as filler has 3 variations, namely 10% ASP, 20% ASP, 30% ASP.

The test results show that the use of ASP has an effect on the strength of the concrete. The decrease in the flexural strength of concrete with a variation of 10% ASP was 2.50 MPa with a percentage of settlement of 13.61%, the decrease in the flexural strength of concrete with a variation of 20% ASP was 2 MPa with a percentage reduction of 30.61%, the decrease in the flexural strength of concrete with a variation of 30% ASP of 1.6 MPa with a decrease percentage of 45.58%, experiencing a decrease in the flexural strength value of normal concrete. The results of this study show that there are differences and decreases in the flexural strength of concrete with the ferrocement method made from rice husk ash.

Keywords: Ferrocement, Rice husk ash, Flexural strength

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur saya ucapkan sebagai penulis kepada kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu karunia tersebut adalah berhasilnya penuli menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul ‘‘Kekuatan Lentur Beton dengan Metode Ferosemen Berbahan Abu Sekam Padi’’ telah berhasil di pertahankan di hadapan Tim Penguji dan Diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan utuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

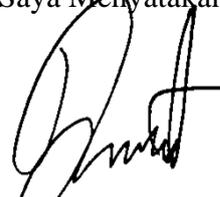
Banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan tugas akhir: untuk itu penulis mengatakan rasa terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak Dr. Josef Hadipramana, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu penulis dalam memberi saran dan arahan kepada penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Penguji 1 yang telah memberikan koreksi pada saran kepada penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
3. Ibu Fetra Venny Riza, S.T., M.Sc., Ph.D selaku dosen Penguji 2 yang telah memberikan koreksi pada saran kepada penulis untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu teknik sipil kepada penulis.

8. Kepada orang tua dan saudara penulis terutama M.Ari Aswin dan Nurul Hasanah Putri yang sangat saya sayangi yang selalu memberikan semangat dan telah membersarkan, mendidik, serta membiayai perkuliahan penulis.
9. Teman satu penelitian yang telah banyak membantu dalam melaksanakan penelitian hingga selesai.

Laporan Tugas Akhir ini masih jauh kata sempurna untuk itu penulis berharap kritikan dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran untuk penulis dimasa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat untuk dunia kontruksi teknik sipil.

Medan, 09 September 2023
Saya Menyatakan,



Davandi Rilza

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Pembahasan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Ferosemen	6
2.3 Abu Sekam Padi	8
2.4 Kekuatan Lentur	10
BAB 3 METODE PENELITIAN	12
3.1 Tahap Pengambilan Data	13
3.2 Sumber - Sumber Data Dalam Penelitian	14

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	14
3.4 Alat dan Bahan	14
3.4.1 Alat	14
3.4.2 Bahan	15
3.5 Pemeriksaan Bahan	16
3.5.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	16
3.5.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	16
3.5.3 Pemeriksaan Berat jenis dan Penyerapan Abu Sekam Padi	17
3.5.4 Kadar Air Agregat Kasar	18
3.5.5 Kadar Air Agregat Halus	19
3.5.6 Kadar Lumpur Agregat Kasar	19
3.5.7 Kadar Lumpur Agregat Halus	20
3.6 Pelaksanaan Penelitian	20
3.6.1 Perencanaan Campuran Beton	20
3.6.2 Abu Sekam Padi	24
3.6.3 Mix Design	24
3.6.4 Pemeriksaan Slump	25
3.6.5 Pembuatan Benda Uji	25
3.6.6 Perawatan Benda Uji	26
3.6.7 Pengujian Kuat Lentur	26
3.6.7.1 Persiapan Pengujian	26
3.6.7.2 Pengujian	26
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Pemeriksaan Agregat Kasar	28
4.1.2 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	29
4.1.3 Berat Isi Agregat Kasar	30

4.1.4 <i>Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar</i>	31
4.1.5 <i>Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar</i>	31
4.2 <i>Pemeriksaan Agregat Halus</i>	32
4.2.2 <i>Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus</i>	34
4.2.3 <i>Berat Isi Agregat Halus</i>	35
4.2.4 <i>Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus</i>	35
4.2.5 <i>Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus</i>	36
4.3 <i>Perencanaan Campuran Beton</i>	36
4.4 <i>Hasil pengujian slump test</i>	50
4.5 <i>Hasil dan Analisa Pengujian Beton</i>	51
4.6 <i>Pembahasan</i>	56
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 <i>Kesimpulan</i>	57
5.2 <i>Saran</i>	57
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	61
RIWAYAT HIDUP	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2. 2 Komposisi Senyawa Kimia Abu Sekam Padi	9
Tabel 3. 1 Faktor pengali untuk standar deviasi (SNI 03-2834-2002)	21
Tabel 4. 1 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar	28
Tabel 4. 2 Hasil Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	29
Tabel 4. 3 Tabel Berat Isi Agregat Kasar	30
Tabel 4. 4 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar	31
Tabel 4. 5 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar	31
Tabel 4. 6 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus	32
Tabel 4. 7 Hasil Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	34
Tabel 4. 8 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus	35
Tabel 4. 9 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	35
Tabel 4. 10 Hasil pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	36
Tabel 4. 11 Faktor air semen maksimum	39
Tabel 4. 12 Faktor air semen maksimum	40
Tabel 4. 13 Rekapitulasi mix design beton mutu 25 MPa	46
Tabel 4. 14 Jumlah Abu Sekam Padi Pada Beton Variasi Balok	48
Tabel 4. 15 Jumlah Air Tambahan Pada Beton Variasi Balok	49
Tabel 4. 16 Nilai Uji Slump Test Beton Normal Dengan Beton Variasi	49
Tabel 4. 17 Grafik Slump Test Beton	51
Tabel 4. 18 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi	52
Tabel 4. 19 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi	53
Tabel 4. 20 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Beton Ferosemen	8
Gambar 2. 2 Ilustrasi pengujian kuat lentur <i>four point bending</i>	11
Gambar 2. 3 Ilustrasi pengujian kuat lentur <i>three point bending</i>	11
Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian	12
Gambar 4. 1 Grafik Gradasi Agregat Kasar	29
Gambar 4. 2 Grafik Gradasi Agregat Halus	34
Gambar 4. 3 Hubungan FAS dengan kuat tekan (SNI 03-2834-2000)	38
Gambar 4. 4 Grafik Gradasi Agregat Halus	41
Gambar 4. 5 Grafik Gradasi Agregat Kasar	41
Gambar 4. 6 Persen agregat halus	42
Gambar 4. 7 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Selesai Didapatkan	43
Gambar 4. 8 Grafik Slump Test Beton	50
Gambar 4. 9 Grafik Hasil Pengujian Kuat Lentur	55

DAFTAR NOTASI

$f'c$	= Kuat tekan saat pengujian	(kg/cm ²)
P	= Beban tekan	(kN)
A	= Luas penampang	(cm ²)
B	= Jumlah air	(kg/m ³)
C	= Jumlah agregat halus	(kg/m ³)
D	= Jumlah agregat kasar	(kg/m ³)
σ_1	= Kuat lentur benda uji	(Mpa)
I	= Jarak (bentang) antara dua garis perletakan	(mm)
B	= Tampang lintang patah arah horizontal	(mm)
H	= Lebar tampang lintang arah vertikal	(mm)
A	= Jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat diukur pada 4 tempat sudut dari bentang	(mm)
S	= Deviasi standar.	(Mpa)
X_i	= Kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji.	(Mpa)
F_{cr}	= nilai kuat tekan rata-rata	(MPa)
M	= nilai tambah margin	(MPa)
W_h	= Perkiraan jumlah air untuk agregat halus.	
W_k	= Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar.	
W_{semen}	= Jumlah semen	(Kg/m ³)
W_{air}	= Kadar air bebas	
F_{as}	= faktor air semen bebas	
C_a	= Absorpsi agregat halus	(%)
D_a	= Absorpsi agregat kasar	(%)
C_k	= Kadar air agregat halus	(%)
D_k	= Kadar air agregat kasar	(%)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia terus maju sebagai negara berkembang melakukan pembangunan, salah satunya infrastruktur yang merupakan bidang yang selalu berkembang (Febriasto, 2019). Ferosemen adalah struktur beton bertulang tipis yang digunakan dalam konstruksi teknik, di mana semen terhidrolisis sering diperkuat oleh lapisan jaring berdiameter kecil/ ditulangi dengan lapisan-lapisan jala yang bergaris tengah kecil yang menerus. Keunggulan ferosemen adalah kesederhanaan konstruksi karena prosesnya mirip dengan bahan bangunan pada umumnya (beton dan mortar), persediaannya mudah diakses, dan jumlah bahan yang dibutuhkan relatif kecil (Rahmat, 2022). Karena kualitas mekaniknya, yang lebih unggul dari beton biasa dan mencakup kekuatan tarik, lentur, geser dan ketahanan retak yang lebih tinggi, ferosemen memiliki keunggulan unik sebagai bahan struktural. Ferosemen dapat menahan retakan lebih baik bila didistribusikan secara merata dan memiliki rasio permukaan terhadap volume yang tinggi (Muslikh, 2015).

Ferosemen merupakan cara yang sangat baik untuk memperbaiki struktur (Ersyad, 2021). Semen portland komposit merupakan bahan pengikat hidrolisis dari hasil penggilingan bersama dengan terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozzolan, senyawa silikat, batu kapur dengan kadar total bahan anorganik 6% – 35% dari massa semen portland komposit (SNI, 2004) (Hunggurami, 2019).

Beberapa penelitian telah meneliti cara untuk menggunakan bahan seperti fly ash, silica fume, blast furnace slag, atau alternatif atau bahan lain yang tidak digunakan dan ditinggalkan oleh industri atau pertanian untuk menggantikan semen portland. Barang-barang yang digunakan dalam pertanian yang tidak lagi digunakan dan biasanya dibuang begitu saja tanpa digunakan, seperti ampas tebu, sekam padi, dll. Jika bahan ini akan digunakan sebagai pengganti semen, bahan tersebut harus memiliki kualitas pozzolan dan Silika (Si) yang tinggi dan konsentrasi Aluminium (Al) (Nugroho, 2017).

Abu sekam padi disebut sebagai pozzolan alami karena kandungan senyawa silika (SiO_2) yang tinggi. Melalui reaksi-reaksi antara silika (SiO_2) pada abu sekam padi dengan kalsium hidroksida (CaOH_2) dari hasil produk hidrasi semen akan menghasilkan kalsium silikat hidrat (CSH) yang dapat meningkatkan kekuatan (Rahmat, 2022). Kadar abu sekam padi sebesar 20% dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan beton busa ringan (Triastuti, 2017). Kemudian abu sekam padi layak digunakan sebagai substitusi sebagian semen (Hunggurami, 2019).

Berdasarkan latar belakang tersebut, abu sekam padi yang sudah tidak terpakai dalam bidang pertanian dapat dimanfaatkan untuk campuran semen sehingga peneliti tertarik untuk menguji kekuatan lentur beton dengan metode ferosemen berbahan abu sekam padi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah apakah ada perbedaan kekuatan lentur beton dengan metode ferosemen berbahan abu sekam padi.

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Luasnya ruang lingkup permasalahan yang ada pada penelitian ini penulis membatasi permasalahan antara lain sebagai berikut:

1. Metode untuk perencanaan campuran menggunakan metode Standar Nasional Indonesia (SNI 03-2834-2000) Tentang Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Normal dan (SNI 03-4154-1996) Tentang Cara Pengujian kuat lentur beton dengan balok uji sederhana yang dibebani terpusat langsung.
2. Persentase penambahan bahan abu sekam padi dalam penelitian ini sebesar 10%, 20%, 30% berat.
3. Melakukan pengujian kuat lentur dari beton normal dan beton campuran berupa filler abu sekam padi setelah perendaman 28 hari.
4. Pengujian ini menggunakan cetakan balok panjang 60 cm, lebar 20 cm dan tinggi 10 cm

5. Bahan pembuat beton: *Portland Cement type I*, agregat halus dari Medan, agregat kasar yang digunakan dari Medan, air yang digunakan dari laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Penelitian ini menggunakan alat-alat yang telah tersedia di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan mengetahui perbedaan kekuatan lentur beton dengan metode ferosemen berbahan abu sekam padi.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yakni:

1. Manfaat untuk umum penelitian ini adalah sebagai salah satu cara memanfaatkan bahwa limbah abu sekam padi masih bisa dimanfaatkan untuk hal lain yang bermanfaat.
2. Manfaat untuk praktisi penelitian ini adalah pertimbangan dalam mengurangi bahan semen hidrolisis dengan menambahkan abu sekam padi.
3. Manfaat untuk program studi teknik sipil penelitian ini adalah sebagai data awal untuk penelitian selanjutnya.

1.6 Sistematika Pembahasan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan urutan sebagai berikut:

BAB 1 Pendahuluan

Membahas tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penulisan, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Berisi tentang tinjauan pustaka atau landasan teori yang digunakan untuk menjelaskan tentang studi ini.

BAB 3. Metode Penelitian

Bagian ini terdiri dari lokasi penelitian, langkah-langkah pemecahan masalah yang akan dibahas, meliputi metode penelitian, sumber dan teknik pengumpulan data dan analisa data.

BAB 4. Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi tentang data yang telah dikumpulkan lalu di analisa, sehingga dapat diperoleh kesimpulan.

BAB 5 Kesimpulan dan Saran

Dari pembahasan dan analisa data yang telah didapat, penulis memberikan tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran-saran berdasarkan analisa yang telah dilakukan pada bab sebelumnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam sub bab ini penulis ingin menyampaikan beberapa penelitian terdahulu sebagai referensi untuk mempermudah penulis membuat penelitian secara keseluruhan serta menggambarkan secara jelas perbedaan penelitian yang akan penulis lakukan. Dalam hal ini penulis ingin menyampaikan beberapa penelitian terdahulu terhadap pengaruh kekuatan lentur beton dengan metode ferosemen berbahan abu sekam padi.

Tabel 2.1: Penelitian Terdahulu

No	Jurnal Terdahulu	Pembahasan
1.	Nugroho, Ananto. 2017. Penelitian berjudul “Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan”.	Pada penelitian ini kadar abu sekam padi sebesar 20% dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen dalam pembuatan beton busa ringan. Dengan ini penulis menyimpulkan abu sekam padi yang tidak dipergunakan oleh pertanian dapat di manfaatkan sebagai bahan pengganti semen.
2.	Rahmat, Adnan. 2022. Penelitian berjudul “Penggunaan Abu Sekam Padi (Asp) Terhadap Kuat Lentur Beton Ferrocement”.	abu sekam padi sebagai substitusi sebagian semen didapatkan kuat lentur dengan variasi 0%, 3% dan 7%. Abu sekam padi layak dijadikan substitusi sebagian semen. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil pengujian kuat lentur beton pada konsentrasi 3% mengalami kenaikan kuat lentur dibandingkan dengan konsentrasi 0%. Dengan ini penulis menyimpulkan abu sekam padi dapat meningkatkan kuat lentur pada beton ferosemen.

Tabel 2.1: *Lanjutan*

No	Jurnal Terdahulu	Pembahasan
3.	Haambozi, M., & Wang, Q. 2021. Penelitian berjudul <i>“Effects of Rice Husk Ash on Mechanical Properties of Ultra-High-Performance Concrete”</i> .	Pada sifat mekanik, peningkatan kadar abu sekam padi meningkatkan kekuatan lentur dan tekan beton kinerja ultra tinggi. Tetapi kadar abu sekam padi yang terlalu banyak akan menyebabkan sampel menjadi kering sehingga menciptakan rongga besar yang menyebabkan kekuatan menjadi lebih rendah.
4.	Adnan, Z. S. 2022 Penelitian berjudul <i>“Performance of rice husk ash as a material for partial cement replacement in concrete”</i> .	Penggantian sebagian abu sekam padi dalam kandungan semen untuk produksi beton menunjukkan kinerja beton yang baik karena kekuatan beton meningkat atau setara dengan kekuatan beton normal. Namun, ada beberapa batasan dalam mengganti semen dengan abu sekam padi yang maksimal penggantianinya saja 5% sampai dengan 15% karena di luar persentase tersebut, kekuatan beton cenderung menurun

2.2 Fero semen

Fero semen merupakan material komposit yang tersusun dari komponen-komponen yang dibuat dari campuran pasir dan semen dengan memanfaatkan wire mesh untuk menciptakan kesatuan yang kohesif dan struktur yang cukup kuat. Ketebalan fero semen sekitar 10-50 mm, dan volume tulangan mewakili 6-8% dari total isi konstruksi (Ash, 2022). Satu atau lebih lapisan digunakan sebagai penguat fero semen. Batang penguat berdiameter kecil atau kabel silang yang dilas digunakan sebagai penguat. Pasir dan semen memiliki rasio volume antara 1:1,5 dan 1:2. Kadang-kadang dikombinasikan dengan semen dan pasir dengan perbandingan satu banding tiga (Satwarnirat, 2007). Struktur jaring

berlapis-lapis yang diperkuat dengan jangkar atau jaring yang diperkuat dan diikat kawat dapat digunakan untuk membuat bentuk yang diinginkan. Baja harus tahan karat (galvanis) atau baja tahan karat untuk hasil terbaik. Dibandingkan dengan beton normal, struktur beton ferosemen besi lebih kuat dan bertahan lebih lama secara ekonomis (Mulyono, 2015).

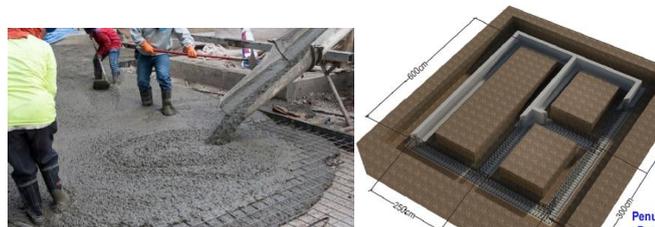
Komponen fundamental dengan volume terbesar sebagai pembentuk ferosemen adalah mortar. Serat dapat ditambahkan ke dalam campuran untuk meningkatkan kualitas mekanik bahan mortar, terutama sifat tarik dan lenturnya. Serat yang dapat digunakan dalam campuran mortar ferosemen adalah organik atau anorganik, menurut ACI Committee 549 (1997). Untuk meningkatkan kinerja mekanik material, serat alami baru-baru ini secara rutin digunakan dalam campuran mortar (Rahmat, 2022).

Pilihan lain untuk membuat campuran mortar lebih encer adalah dengan menggunakan bahan kimia tambahan. Kekuatan dan kegunaan mortar sangat dipengaruhi oleh jumlah air yang digunakan. Ukuran butir terbesar, modulus halus, dan perubahan ukuran partikel pasir semuanya berperan dalam hal ini. Pasir halus digunakan sebagai bahan pengisi mortar, sekitar 60 hingga 80 persen volumenya, dan air yang digunakan harus bebas dari kontaminan. Selain itu, pasir harus murni dan bebas dari kontaminan termasuk tanah liat, asam, garam, dan bahan organik. Pasir dengan ukuran butir lebih dari 2,4 mm sebaiknya tidak digunakan karena akan menghasilkan mortar yang permeabel. Namun demikian, menggunakan butiran yang terlalu halus akan membutuhkan lebih banyak air untuk menghasilkan tingkat kelelahan yang sama, menurunkan kekuatan. Oleh karena itu, pasir harus memiliki ukuran butir 0,2 mm hingga 2,4 mm. Baja dengan diameter 3 sampai 8 mm dan wire mesh dengan diameter 0,5 sampai 1,5 mm masing-masing digunakan untuk rangka dan tulangan ferosemen.

Wire mesh ditahan oleh kerangka baja, kerangka yang berfungsi untuk menciptakan bentuk yang tepat dari ferosemen yang akan diproduksi. Sekitar 70 hingga 100 mm memisahkan dua rangka baja dari tengah ke tengah. Kawat ikat atau las dapat diterapkan untuk sambungan antara batang vertikal dan

horizontal. Wire mesh dengan diameter 3 hingga 4 mm yang dilas menjadi satu dan memiliki batang kawat dengan jarak antara 80 hingga 100 mm juga dapat digunakan untuk membuat kerangka. Wire mesh dengan diameter kira-kira 0,5 sampai 1,5 mm yang dipelintir atau dihubungkan dengan pengelasan memiliki batang yang jaraknya kira-kira 6 sampai 20 mm. sehingga tulangan didistribusikan lebih merata dan terus menerus dalam fero semen daripada beton bertulang, oleh karena itu material tersebut mungkin berperilaku serupa dengan pelat baja. Akibatnya, beton bertulang memiliki keuletan, fleksibilitas, ketahanan benturan, dan pelelehan yang lebih baik daripada beton tanpa tulangan. Fero semen juga lebih kedap daripada beton biasa (Satwarnirat 2007).

Jika dibandingkan dengan konstruksi baja murni, beton fero semen yang diproduksi memiliki keunggulan dalam hal bobot yang rendah, biaya perawatan yang rendah, dan umur ekonomis yang panjang. Biaya konstruksi beton besi merupakan kelemahan untuk aplikasi industri, selain potensi karat pada komponen baja jika celah udara yang lebih besar tertinggal setelah penerapan campuran beton yang terlalu kering atau kurangnya pemadatan.



Gambar 2.1: Beton Fero semen (Boen, 2015)

2.3 Abu Sekam Padi

Di negara-negara penghasil padi, seperti Indonesia, Malaysia, Thailand, dll, sekam padi dapat ditemukan. Pembakaran kulit padi menghasilkan abu sekam padi. Warna abu dari sekam padi bervariasi dari putih keabu-abuan hingga hitam, tergantung pada suhu pembakarannya. Dari 20% sampai 33% dari berat padi diproduksi sebagai sekam padi, dan setiap tahun, sekitar 137 juta ton diproduksi. Untuk meningkatkan nilai tambah dalam produksi beton dengan mutu yang lebih tinggi, abu sekam padi dapat digunakan sebagai pengganti semen sebagai tambahan bahan bangunan. Karena dapat mengurangi

permasalahan yang ditimbulkan oleh sekam padi sebagai bahan limbah dari lahan pertanian, produksi bahan semen dari abu sekam padi disarankan untuk negara berkembang (Nugroho 2017).

Sekam padi merupakan hasil samping dari proses penggilingan padi yang sering dibakar di area penggilingan padi atau digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk membakar batu bata. Gabah atau sekam padi memiliki 50% selulosa, 25%–30% lignin, dan 15%–20% silika dalam hal komposisi kimia. Dibandingkan dengan banyak bahan industri, seperti batu bara, minyak, dan gas alam, pembakaran sekam padi memiliki masing-masing rasio 1:1269; 1:813; dan 1:569 dari dampak pemanasan (Chungsangunsit et al. 2009).

Abu sekam padi dapat dikategorikan sebagai pozolan karena mengandung $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ lebih besar dari 70% sesuai dengan kualitas pozolan yang ditentukan. Pozolan tidak memiliki sifat semen tetapi dengan butiran yang halus dapat bereaksi dengan kapur padam dan air membentuk bahan perekat pada temperature. Kemungkinan penambahan semen, abu sekam padi memiliki kisaran ukuran partikel 5–10 m, bentuk seluler dan tidak beraturan, kisaran berat jenis 2,0–2,4 kg/m^3 , kisaran luas permukaan 20–50 m^2/kg , dan kisaran kandungan silika amorf 85-90% (Rahamudin, R dkk 2016).

Tabel 2.2: Komposisi Senyawa Kimia Abu Sekam Padi

Senyawa	(%)
SiO_2	86,90-97,30
K_2O	0,58-2,50
Na_2O	0,00-1,75
CaO	0,20-1,50
MgO	0,10-1,13
Fe_2O_3	0,00-0,54
P_2O_5	0,20-2,84
SO_3	0,10-1,13
Cl	0,00-0,42

2.4 Kekuatan Lentur

Kekuatan lentur dihitung dengan membagi tegangan tarik akibat momen lentur dengan momen penahan balok uji (SNI 1996).

Persyaratan berikut untuk blok uji harus dipenuhi:

- 1) Balok uji lentur dengan panjang balok empat kali lebar balok, atau dengan tinggi balok lebih besar dari lebar balok untuk balok dengan lebar 150 mm, harus memenuhi SNI 03-2493-1991 tentang Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium.
- 2) Semua permukaan harus rata dan bebas dari cacat, goresan, lubang dan lekukan.
- 3) Bidang samping harus tegak lurus terhadap bidang atas dan bidang bawah (SNI 1996).

Rumus menghitung kuat lentur :

- a. Untuk benda uji dengan bidang pecah di tengah :

$$\sigma_p \frac{PL}{b.d^2} (MPa) \quad (2.1)$$

- b. Untuk benda uji dengan bidang pecah tidak di tengah:

$$\sigma_p \frac{Pc}{b.d^2} (MPa) \quad (2.2)$$

Keterangan

σ_p = Kuat lentur benda uji berbentuk balok (MPa)

P = Besar beban saat pecah (N)

d = Tebal benda uji (mm)

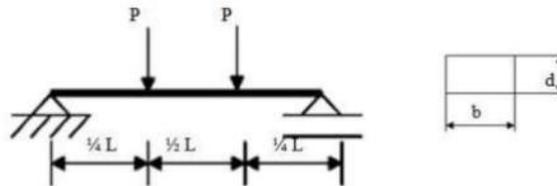
b = Lebar benda uji (mm)

L = Jarak antara kedua tumpuan (mm)

C = Jarak rata – rata bidang pecah ke tumpuan terdekat, tidak lebih dari 10% bentang tumpuan terhadap titik tengah (mm) (Rismawan, 2014).

2.4.1 Four Point Bending

Four point bending adalah cara pengujian yang menggunakan 2 tumpuan dan 2 penekan.

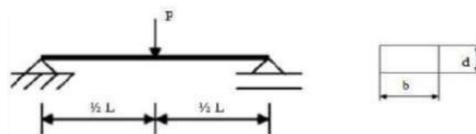


Gambar 2.2: Ilustrasi pengujian kuat lentur *four point bending* (Yunasdi, 2020)

Kelebihan menggunakan *four point bending* yaitu penggunaan rumus perhitungan lebih mudah dan lebih akurat hasil pengujiannya sedangkan kekurangannya pembuatan point lebih rumit dan 2 point atas harus bersamaan menekan benda uji. Maka jika salah satu point lebih dulu menekan benda uji maka terjadi *three point bending*, sehingga rumus yang digunakan berbeda.

2.4.2 Three Point Bending

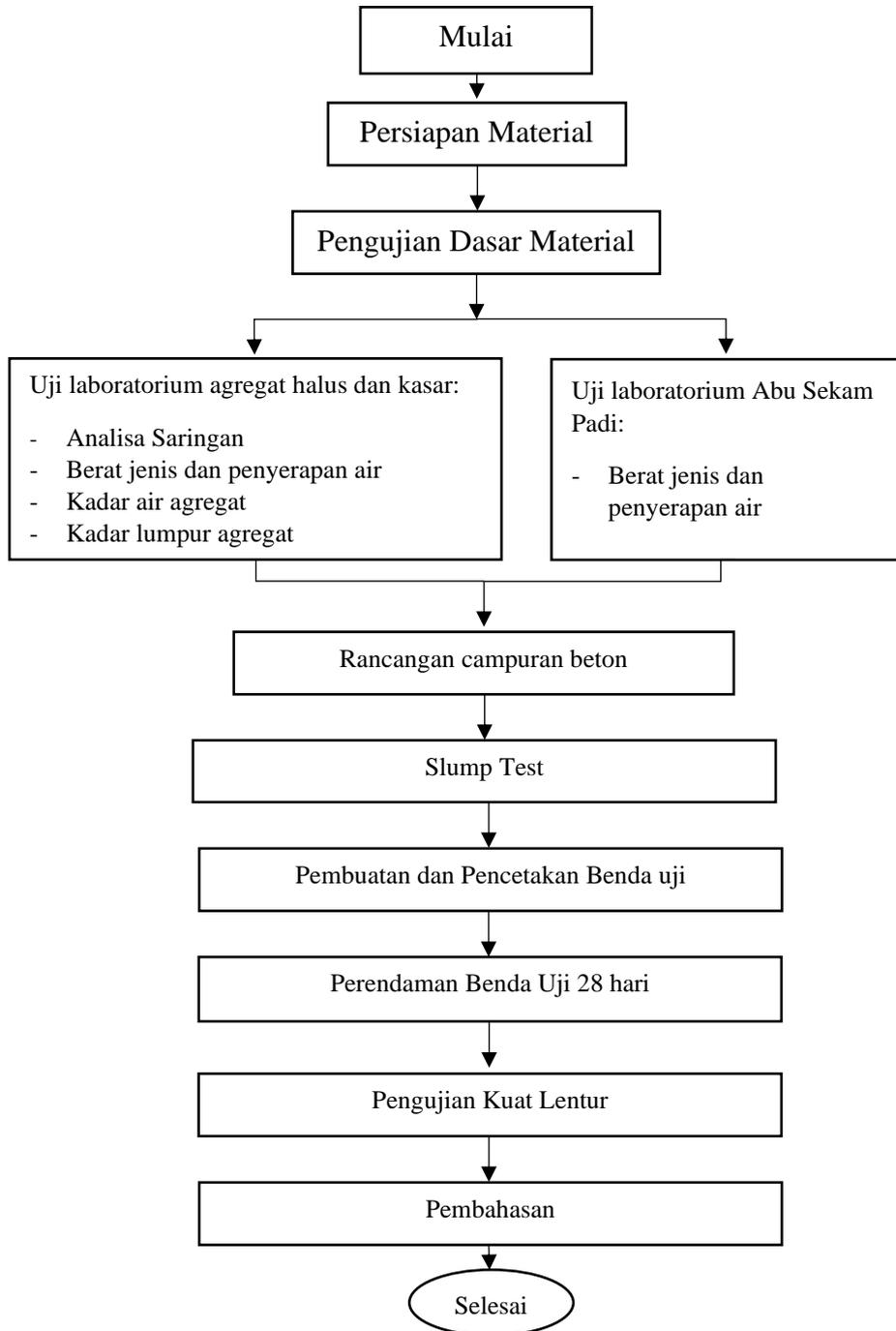
Three point bending adalah cara pengujian yang menggunakan 2 tumpuan dan 1 penekan



Gambar 2.3 : Ilustrasi pengujian kuat lentur *three point bending* (Yunasdi, 2020)

Kelebihan *three point bending* yaitu kemudahan persiapan spesimen dan pengujian pembuatan point lebih mudah sedangkan kekurangannya kesulitan menentukan titik tengah persis, karena jika tidak di tengah persis penggunaan rumus berubah dan kemungkinan terjadi pergeseran, sehingga benda yang di uji pecah/patah tidak tepat di tengah maka rumus yang di gunakan kombinasi tegangan lengkung dengan tegangan geser.

BAB 3
METODE PENELITIAN



Gambar 3.1: Bagan Alir Penelitian

3.1 Tahap Pengambilan Data

Penelitian yang akan dilakukan yaitu dengan menggunakan metode eksperimental laboratorium yaitu dengan melakukan berbagai macam pengujian sehubungan dengan data-data yang direncanakan sebelumnya. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian yang dilaksanakan terbagi atas lima tahapan sebagai berikut:

1. Tahap I : Pada tahap ini persiapan material seperti agregat kasar, agregat halus, semen, air, abu sekam padi, dan wire mesh. Pengujian dasar material dilakukan pada sampel agregat kasar, agregat halus, abu sekam padi. Pengujian ini berupa pemeriksaan berat jenis dan penyerapan, kadar air, dan kadar lumpur.
2. Tahap II : Tahap ini merupakan tahap perencanaan campuran beton, pembuatan benda uji dan perawatan beton. Perbandingan jumlah proporsi bahan campuran beton dihitung dengan menggunakan Metode Standar Nasional Indonesia (SNI).
3. Tahap III : Dilakukan Pengujian kuat lentur beton yang dilakukan dengan masing-masing campuran yang berbeda:
 - a. Beton normal sebanyak 3 buah balok.
 - b. Persentase Abu Sekam Padi 10% sebanyak 3 buah balok.
 - c. Persentase Abu Sekam Padi 20% sebanyak 3 buah balok.
 - d. Persentase Abu Sekam Padi 10% sebanyak 3 buah balok.

Dengan ini penulis membuat 12 cetakan balok dengan variasi yang berbeda sesuai keterangan diatas, umur perendaman 28 hari. Pengujian kuat lentur beton campuran ini menggunakan cetakan balok dengan panjang 60 cm, lebar 20 cm, tinggi 10 cm.

4. Tahap IV : Dari hasil pengujian yang dilakukan pada tahap III dilakukan analisis data. Analisis data merupakan pembahasan hasil penelitian, kemudian dari langkah tersebut dapat diambil kesimpulan penelitian.
5. Tahap V : Setelah mendapatkan data hasil pengujian pada tahap IV maka dilakukan pembuatan laporan hasil penelitian yang telah dilaksanakan.

3.2 Sumber - Sumber Data Dalam Penelitian

Suatu cara atau langkah yang digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan dengan mengumpulkan, mencatat, mempelajari dan menganalisa data yang diperoleh. Sebagai acuan dalam penyelesaian penelitian ini tidak terlepas dari data-data pendukung. Data pendukung diperoleh dari :

1. Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil yang telah dilaksanakan di laboratorium seperti, Analisa saringan agregat, Berat jenis dan penyerapan, Pemeriksaan berat isi agregat, Pemeriksaan kadar air agregat, Perbandingan dalam pencampuran beton, Kekentalan adukan beton segar (uji slump) dan uji kuat lentur beton.

2. Data Sekunder

Data Sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa jurnal dan buku yang berhubungan dengan teknik beton ferosemen (literatur) dan konsultasi langsung dengan Kepala Laboratorium Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Serta data yang telah ditentukan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan hasil laporan dari penelitian-penelitian beton ferosemen sebelumnya.

3.3 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dimulai pada bulan Maret 2023 sampai selesai. Penelitian akan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat

Alat-alat yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain:

1. Satu set saringan untuk agregat halus dan agregat kasar.
2. Satu set alat untuk pemeriksaan berat jenis agregat halus dan kasar.
3. Timbangan Digital.
4. Alat pengaduk beton (molen).
5. Cetakan benda uji berbentuk balok 60 cm x 20 cm x 10 cm

6. Mesin kompres (compression)
7. Alat uji kuat lentur beton (*hydraulic concrete beam*)
8. Kerucut Abrahams
9. Tongkat Penumbuk
10. Sekop Besar
11. Gelas Ukur
12. Ember
13. Sendok Semen
14. Pan
15. Kain Lap
16. Oven
17. Bak perendam
18. Sarung tangan
19. Masker
20. Kawat Locket 25 (Welded) SUS 304 \pm 1mm

3.4.2 Bahan

Komponen bahan pembentuk beton yang digunakan yaitu :

1. Semen Padang tipe 1 (Semen Portland Komposit).
2. Agregat Halus
Agregat halus digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari Medan.
3. Agregat Kasar
Agregat kasar digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah yang diperoleh dari Medan.
4. Air
Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Abu Sekam Padi
Abu sekam padi diperoleh dari pembelian secara mandiri ditiap-tiap toko yang menjual abu sekam padi.

3.5 Pemeriksaan Bahan

3.5.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Menurut SNI-1969-2008, agregat kasar merupakan agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4,75 mm (Saringan No.4). Berat jenis dapat dinyatakan dengan berat jenis curah kering, berat jenis curah pada kondisi jenuh kering permukaan atau berat jenis semu. Berat jenis curah (jenuh kering permukaan) dan penyerapan air berdasarkan pada kondisi setelah (24+4) jam direndam di dalam air.

Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C-127, 2001). Dengan rumus sebagai berikut:

Berat contoh SSD (B)

Berat contoh SSD kering oven (110°) (E)

Berat piknometer jenuh air (D)

Berat contoh SSD didalam piknometer penuh air (C)

$$\text{a. Berat jenis contoh kering} = \frac{E}{(B+D-C)} \quad (3.1)$$

$$\text{b. Berat jenis contoh SSD} = \frac{B}{(B+D-C)} \quad (3.2)$$

$$\text{c. Berat jenis contoh semu} = \frac{E}{(E+D-C)} \quad (3.3)$$

$$\text{d. Penyerapan} = \frac{(B-E)}{E} \times 100\% \quad (3.4)$$

3.5.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Menurut SNI-1970-2008, agregat halus merupakan agregat ukuran butirannya lebih kecil dari 4,75 mm (No. 4). Cara uji ini digunakan untuk menentukan setelah (24+4) jam di dalam air berat jenis curah kering dan berat jenis semu, berat jenis curah dalam kondisi jenuh kering permukaan, serta penyerapan air. Dalam keadaan SSD untuk menentukan berat jenis pasir. Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C 128-01 2001). Dengan rumus sebagai berikut:

Berat contoh SSD (B)

Berat contoh SSD kering oven (110°) (E)

Berat piknometer jenuh air (D)

Berat contoh SSD didalam piknometer penuh air (C)

$$\text{a. Berat jenis contoh kering} = \frac{E}{(B+D-C)} \quad (3.5)$$

$$\text{b. Berat jenis contoh SSD} = \frac{B}{(B+D-C)} \quad (3.6)$$

$$\text{c. Berat jenis contoh semu} = \frac{E}{(E+D-C)} \quad (3.7)$$

$$\text{d. Penyerapan} = \frac{(B-E)}{E} \times 100\% \quad (3.8)$$

3.5.3 Pemeriksaan Berat jenis dan Penyerapan Abu Sekam Padi

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan abu sekam padi berfungsi menentukan berat jenis abu sekam padi dalam keadaan SSD.

1. Peralatan:
 - a. Piknometer.
 - b. Kompor spitus.
 - c. Penyangga kaki tiga.
 - d. Oven.
 - e. Ember.
2. Bahan:
 - a. Abu sekam padi
 - b. Air
3. Prosedur:
 - a. Timbang piknometer kosong, kemudian isi piknometer dengan air lalu timbang kembali. (D)
 - b. Keluarkan air dari piknometer kemudian masukkan sampel abu sekam padi seberat 500 gram. (B)
 - c. Isi kembali piknometer yang berisi sampel dengan air hingga penuh. (D)
 - d. Panaskan piknometer yang berisi sampel dan air selama 3×5 menit. Setiap 5 menit sekali, angkat piknometer dan bolak-balikkan piknometer agar gelembung udara yang terperangkap dapat keluar.

- e. Setelah tidak ada gelembung udara lagi, tambahkan air pada piknometer hingga batas garis lalu timbang. Kemudian biarkan piknometer hingga mencapai suhu ruangan.
- f. Rendam piknometer di dalam bak berisi 11liter air dan didiamkan selama ± 24 jam.
- g. Setelah 24 jam, keluarkan dan tuangkan isi piknometer ke dalam wadah yang telah ditimbang hingga tidak ada sampel abu sekam padi yang tertinggal di piknometer.
- h. Masukkan wadah kedalam oven dengan suhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam.
- i. Keluarkan wadah dari oven dan diamkan hingga mencapai suhu ruangan kemudian timbang. (E)
- j. Perhitungan:

$$\text{a. Berat jenis contoh kering} = \frac{E}{(B+D-C)} \quad (3.9)$$

$$\text{b. Berat jenis contoh SSD} = \frac{B}{(B+D-C)} \quad (3.10)$$

$$\text{c. Berat jenis contoh semu} = \frac{E}{(E+D-C)} \quad (3.11)$$

$$\text{d. Penyerapan} = \frac{(B-E)}{E} \times 100\% \quad (3.12)$$

3.5.4 Kadar Air Agregat Kasar

Pemeriksaan kadar air agregat kasar berfungsi mengetahui kadar air yang terkandung pada kerikil.

1. Alat:
 - a. Timbangan digital.
 - b. Wadah.
 - c. Oven.
2. Bahan:
 - a. Kerikil
3. Prosedur:
 - a. Timbang kerikil dalam keadaan SSD (W1).
 - b. Timbang sampel kerikil kering oven dan wadah (W2).
 - c. Timbang berat wadah (W3).

d. Perhitungan: Kadar air = $\frac{(w1)-(w2)}{(w2)-(w3)} \times 100\%$ (3.13)

3.5.5 Kadar Air Agregat Halus

Pemeriksaan kadar air agregat halus berfungsi mengetahui kadar air yang terkandung dalam pasir

1. Alat:
 - a. Timbangan digital.
 - b. Wadah.
 - c. Oven.
2. Bahan:
 - a. Pasir
3. Prosedur:
 - a. Timbang pasir sebanyak dalam keadaan SSD (W1).
 - b. Timbang sampel pasir kering oven dan wadah (W2).
 - c. Timbang berat wadah (W3)

d. Perhitungan: Kadar air = $\frac{(w1)-(w2)}{(w2)-(w3)} \times 100\%$ (3.14)

3.5.6 Kadar Lumpur Agregat Kasar

Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar berfungsi menentukan presentase lumpur yang terkandung dalam agregat. Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan (ASTM C 117, 2013). Dengan rumus sebagai berikut:

Berat contoh kering (A)

Berat contoh kering setelah dicuci (B)

Berat kotoran agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci (C)

$$C = A - B \quad (3.13)$$

Persentase kotoran agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci (D)

$$D = \frac{C}{A} \times 100\% \quad (3.14)$$

3.5.7 Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus berfungsi menentukan presentase lumpur yang terkandung dalam agregat. Alat, bahan dan cara kerja sesuai dengan. Dengan rumus sebagai berikut:

Berat contoh kering (A)

Berat contoh kering setelah dicuci (B)

Berat kotoran agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci (C)

$$C = A - B \quad (3.15)$$

Persentase kotoran agregat lolos saringan No. 200 setelah dicuci (D)

$$D = \frac{C}{A} \times 100\% \quad (3.16)$$

3.6 Pelaksanaan Penelitian

3.6.1 Perencanaan Campuran Beton

Sesuai dengan standar SNI-03-2834-2000, metode perencanaan campuran beton diterapkan dalam penelitian ini. Untuk membuat campuran beton yang memenuhi standar SNI-03-2834-2000 dan mudah dikerjakan, salah satu tujuan kajian adalah menghasilkan beton yang memenuhi standar pengerjaan Indonesia. Selama uji slump, tingkat viskositas dan workability dapat diamati. Berikut perencanaan beton campuran sesuai (SNI 03-2834-2000). Langkah-langkah pembuatan rencana campuran beton normal dilakukan sebagai berikut:

1. Ambil kuat tekan beton yang disyaratkan f_{Xc} pada umur tertentu.
2. Hitung deviasi standar menurut deviasi standar yang didapat dari pengalaman di lapangan selama produksi beton menurut rumus:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.17)$$

Dengan : s adalah deviasi standar x_i adalah kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji adalah kuat tekan beton rata-rata menurut rumus :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.18)$$

Dengan: n adalah jumlah nilai hasil uji, yang harus diambil minimum 30 buah (satu hasil uji adalah nilai uji rata-rata dari 2 buah benda uji)

Faktor pengali untuk standar deviasi dengan hasil uji < 30 dapat dilihat pada tabel 3.1 pada tabel ini kita dapat langsung mengambil nilai standar deviasi berdasarkan jumlah benda uji yang akan dicetak.

Tabel 3.1: Faktor pengali untuk standar deviasi (SNI 03-2834-2002)

Jumlah Pengujian	Faktor pengali deviasi standar
Kurang dari 15	(f'c + 12 Mpa)
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

3. Nilai tambah dihitung menurut rumus

$$M = 1,64 \times S_r ;$$

(3.19)

Dengan

M = Nilai tambah

1,64 = tetapan statistic yang nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5 %

S_r = deviasi standar rencana

4. Hitung kuat tekan beton rata-rata yang ditargetkan f_{cr}

kuat tekan rata-rata yang ditargetkan dihitung menurut rumus berikut:

$$f_{cr} = f'c + M \quad (3.20)$$

$$f_{cr} = f'c + 1,64 S_r \quad (3.21)$$

5. Penetapan jenis semen portland
6. Penetapan jenis agregat kasar dan agregat halus, agregat ini dapat dalam bentuk tak dipecahkan (pasir atau koral) atau dipecahkan.

7. Penetapan nilai faktor air semen bebas
8. Penetapan faktor air semen maksimum
Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam (SNI 03-2834-2000)
9. Penetapan nilai slump
10. Penetapan ukuran agregat maksimum
11. Penetapan nilai kadar air bebas
12. Hitung jumlah semen yang besarnya adalah kadar semen adalah kadar air bebas dibagi factor air semen.

$$WS_{mn} \frac{w_{air}}{f_{as}} \tag{3.22}$$

Keterangan :

Fas = Faktor air per meter kubik beton

13. Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan, dapat diabaikan.
14. Tentukan jumlah semen semimum mungkin.
15. Tentukan faktor air semen yang disesuaikan jika jumlah semen berubah karena lebih kecil dari jumlah semen minimum yang ditetapkan (atau lebih besar dari jumlah semen maksimum yang disyaratkan), maka faktor air semen harus diperhitungkan kembali.
16. Tentukan susunan butir agregat halus (pasir kalau agregat halus sudah dikenal dan sudah dilakukan analisa ayak menurut standar yang berlaku.
17. Penetapan jenis agregat kasar diperoleh hasil jenis gradasi agregat kasar
18. Tentukan persentase pasir dengan perhitungan atau menggunakan grafik dengan diketahui ukuran butir agregat maksimum menurut butir 10. slumps menurut butir 9, factor air semen menurut butir 15 dan daerah susunan butir 16, maka jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik. Jumlah ini adalah jumlah seluruhnya dari pasir atau fraksi agregat yang lebih halus dari 5 mm. dalam agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia seringkali dijumpai bagian yang lebih halus dari 5 mm dalam jumlah yang lebih dari 5 persen. Dalam hal ini maka jumlah agregat halus yang diperlukan harus dikurangi.
19. Hitung berat jenis relative agregat

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$B_{j \text{ camp}} = K_h/100 \times B_{jh} + K_k/100 \times B_{jk} \quad (3.23)$$

Dimana:

$B_{j \text{ camp}}$ = berat jenis agregat campuran.

B_{jh} = berat jenis agregat halus.

B_{jk} = berat jenis agregat kasar.

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran.

K_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran.

20. Tentukan berat isi beton menurut Grafik 16 sesuai dengan kadar air bebas yang sudah ditemukan dari Tabel 3 dan berat jenis relative dari agregat gabungan menurut butir 18

21. Hitung kadar agregat gabungan yang besarnya adalah berat jenis beton dikurangi jumlah kadar semen dan kadar air bebas.

$$W_{agr,camp} = W_{btn} - W_{air} - W_{smn} \quad (3.24)$$

Dengan:

$W_{agr,camp}$ = Kebutuhan berat agregat campuran per meter kubik beton (kg/m^3).

W_{btn} = Berat beton per meter kubik beton (kg/m^3).

W_{air} = Berat air per meter kubik beton (kg/m^3).

W_{smn} = Berat semen per meter kubik beton (kg/m^3)

22. Hitung kadar agregat halus yang besarnya adalah hasil kali persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21;

$$W_{agr,h} = K_h \times W_{agr,camp} \quad (3.25)$$

Dengan:

K_h = persentase berat agregat halus terhadap agregat campuran (%).

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m^3).

23. Hitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan butir 21 dikurangi kadar agregat halus butir 22; dari langkah-langkah tersebut di atas butir 1 sampai dengan 23 sudah dapat diketahui susunan campuran bahan-bahan untuk 1 m^3 beton;

$$W_{agr,k} = K_k \times W_{agr,camp} \quad (3.26)$$

Dengan :

K_k = persentase berat agregat kasar terhadap agregat campuran (%).

$W_{agr,camp}$ = kebutuhan agregat campuran per meter kubik beton (kg/m^3).

24. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan, semen, air, agregat halus dan agregat kasar harus dihitung dalam per m^3 adukan.

25. Koreksi proporsi campuran menurut perhitungan

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan harus dihitung menurut rumus sebagai berikut:

$$\text{Air} = B - (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} - (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (3.27)$$

$$\text{Agregat halus} = C + (C_k - C_a) \times \frac{C}{100} \quad (3.28)$$

$$\text{Agregat kasar} = D + (D_k - D_a) \times \frac{D}{100} \quad (3.29)$$

Dengan:

B adalah jumlah air (kg/m^3).

C adalah agregat halus (kg/m^3).

D adalah jumlah agregat kasar (kg/m^3).

C_a adalah absorpsi air pada agregat halus (%).

D_a adalah absorpsi agregat kasar (%).

C_k adalah kandungan air dalam agregat halus (%).

D_k adalah kandungan air dalam agregat kasar (%).

3.6.2 Abu Sekam Padi

Pembakaran kulit padi dari sisa-sisa fasilitas penggilingan padi dibakar untuk menghasilkan abu sekam padi (Rice Husk Ash). Warna abu dari sekam padi bervariasi dari putih keabu-abuan hingga hitam, tergantung pada suhu pembakarannya. Abu sekam padi yang digunakan sisa dari produksi pembakaran batu bata.

3.6.3 Mix Design

Mix design merupakan penetapan rasio atau komposisi dari setiap komponen yang masuk ke pembuatan beton untuk menghasilkan campuran yang

memenuhi persyaratan kekuatan dan daya tahan yang diinginkan dan memiliki kemampuan pengerjaan yang diperlukan untuk proses kerja yang mudah.

3.6.4 Pemeriksaan Slump

Langkah-langkah pengujian Slump :

1. Basahi dengan air kerucut Abrams, seng plat, dan tropol.
2. Letakan seng plat dan kerucut pada tempat yang datar, agar tidak terjadi pergeseran, kerucut Abrams ditahan dengan tangan.
3. Tuangkan campuran beton ke kerucut Abrams dengan membagi 3 lapisan, tiap lapisan diberikan tusukan sebanyak 25 kali menggunakan tongkat besi.
4. Ratakan permukaan kerucut Abrams yang berisi campuran beton dengan tropol lalu bersihkan daerah sekitar kerucut.
5. Secara tegak lurus dan perlahan-lahan angkat kerucut Abrams.
6. Selanjutnya tempatkan kerucut di samping campuran beton secara terbalik, lalu ukur tinggi penurunan dengan mistar ukur besi.
7. Tinggi penurunan menunjukkan besar kecilnya nilai slump yang terjadi pada campuran beton.

3.6.5 Pembuatan Benda Uji

Benda uji ini berbentuk balok dengan ukuran balok panjang 60 cm, lebar 20 cm dan tinggi 10 cm berjumlah 24 buah. Berikut penjelasannya :

- a. Beton ferosemen, dengan umur beton 28 hari. Terdapat 3 buah benda uji untuk dapat diambil data rata-ratanya.
- b. Beton ferosemen dengan tambahan abu sekam padi sebanyak 10% dengan umur beton 28 hari. Terdapat 3 buah benda uji untuk dapat diambil data rata-ratanya.
- c. Beton ferosemen dengan tambahan abu sekam padi sebanyak 20% dengan umur beton 28 hari. Terdapat 3 buah benda uji untuk dapat diambil data rata-ratanya.
- d. Beton ferosemen dengan tambahan abu sekam padi sebanyak 30% dengan umur beton 28 hari. Terdapat 3 buah benda uji untuk dapat diambil data rata-ratanya.

3.6.6 Perawatan Benda Uji

Proses perawatan ini dilakukan dengan cara merendam benda uji kedalam bak perendam berisi air. Benda uji direndam setelah mencapai umur (28 hari).

3.6.7 Pengujian Kuat Lentur

3.6.7.1 Persiapan Pengujian

1. Siapkan mesin uji dan blok-blok tumpuan dengan bentang di antara kedua blok tumpuan adalah 450 mm dengan toleransi 9 mm.
2. Balok uji diletakan simetris atas kedua blok tumpuan dengan kedua sisi samping bidang bekas cetakan sebagai bidang atas dan bidang bawah.
3. Blok beban diletakan tepat di tengah-tengah antara kedua blok tumpuan pada posisi sejajar.
4. Blok beban diturunkan perlahan-lahan sampai menempel pada bidang atas balok, dan memberikan beban sebesar 3 % sampai 6 % beban maksimum yang diperkirakan dapat dicapai.
5. Celah-celah antara permukaan balok uji dengan permukaan blok beban dan blok-blok tumpuan diamati dan diukur dengan alat peraba, bila terdapat celah yang lebih besar dari 0,38 mm maka pada bagian tersebut balok uji harus digerinda atau diratakan dengan cara diberi kaping.
6. Celah yang besarnya antara 0,10 mm sampai 0,38 dapat dihilangkan dengan digerinda, diberi kaping, atau dipasang pita kulit sepanjang bidang permukaan blok.
7. Tidak boleh dilakukan penggerindaan ke arah memanjang blok uji.

3.6.7.2 Pengujian

1. Kecepatan pembebanan harus kontinu tanpa menimbulkan efek kejutan dan memenuhi ketentuan sebagai berikut :
 - a. Pada pembebanan sampai mencapai ± 50 % dari beban maksimum yang diperkirakan, kecepatan pembebanan boleh lebih cepat dari 6 kN.
 - b. Sesudah itu, sampai terjadi keruntuhan balok uji, kecepatan pembebanan harus diatur antara 4,3 kN sampai 6 kN per menit.
2. Catat besarnya beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan.

3. Ukur penampang runtuh dengan pengukuran penampang patah balok uji harus memenuhi ketentuan berikut :
 - a. Lebar dan tinggi penampang adalah lebar rata-rata dan tinggi rata-rata minimum dari tiga kali pengukuran;
 - b. Jika patahan terjadi di tempat yang diberi kaping, maka tinggi penampang yang diukur termasuk tebal kaping.

4. Perhitungan kuat lentur menggunakan persamaan berikut:

$$f_{lt} = \frac{PL}{bd^2} \quad (3.30)$$

Keterangan :

f_{lt} = kuat lentur (Mpa)

P = beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan balok uji (Newton)

L = panjang bentang di antara kedua blok tumpuan (mm)

b = lebar balok rata-rata pada penampang runtuh (mm)

d = tinggi balok rata-rata pada penampang runtuh (mm)

5. Isikan semua nilai hasil pengukuran dan perhitungan dalam formulir sesuai (SNI 03-4154-1996).

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus penelitian memperoleh data material berupa analisa saringan, berat jenis dan penyerapan, berat isi, kadar air, dan kadar lumpur. Pemeriksaan dilakukan di laboratorium teknik sipil mengikuti panduan dari SNI tentang pemeriksaan agregat dan mengikuti buku panduan praktikum beton Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4.1 Pemeriksaan Agregat Kasar

4.1.1 Analisa Gradasi Agregat Kasar

Dari hasil pengujian analisa gradasi agregat dengan spesifikasi ukuran maksimum 40 mm. Berdasarkan acuan dari SNI 03-1968-1990, metode pengujian tentang analisa saringan agregat halus dan kasar. Dari hasil penelitian maka didapat data material analisa gradasi agregat kasar yang tertera pada tabel berikut

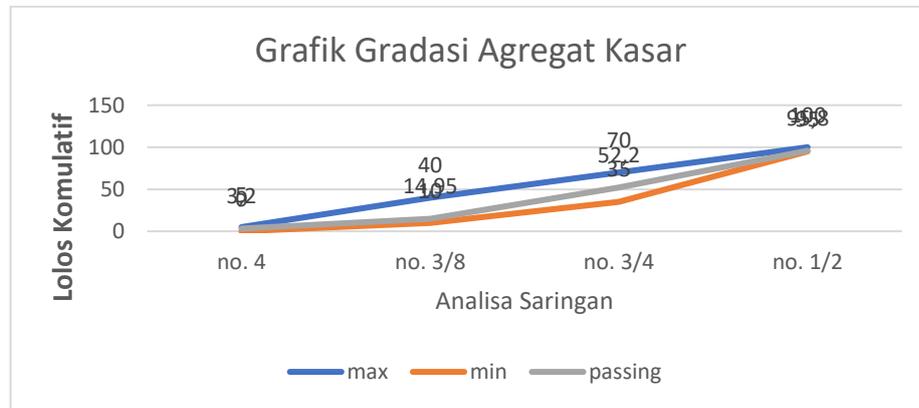
Tabel 4.1: Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar

Ukuran Saringan		Berat Tertahan	Persentase Tertahan	Persentase Kumulatif	
SNI	ASTM	(gr)	(%)	Tertahan (%)	Lolos (%)
76 mm	3''	0	0	0	100
38 mm	1/2 ''	84	4,2	4,2	95,8
19 mm	3/4''	872	43,6	47,8	52,2
9,6 mm	3/8''	745	37,25	85,05	14,95
4,8 mm	No. 4	235	11,75	96,8	3,2
Pan		64	3,2		
Total		2000	100	233,85	

Jumlah kumulatif agregat tertahan (%) = 233,85 %

$$FM (\text{Modulus Kehausan}) = \frac{\text{Jumlah Persentase Kumulatif Tertahan}}{100} = \frac{233,85}{100} = 2,33\%$$

Dari hasil penelitian didapat nilai FM 2,33 %. Dengan batas gradasi kerikil atau koral dengan ukuran maksimum 40 mm. Nilai ini melebihi batas yang diizinkan ASTM C33 – 93, 2 -3% sehingga gradasi agregat cenderung kasar.



Gambar 4.1: Grafik Gradasi Agregat Kasar

4.1.2 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pada hasil berat jenis dan penyerapan air dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 4.2: Hasil Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Agregat Kasar	Sampel I	Sampel II	Rata - Rata	Satuan
Berat Kerikil Kondisi Jenuh Kering Muka (SSD), (A)	2733	2633	2683	Gr
Berat Kerikil Kering Mutlak, (B)	2713	2630	2671,5	Gr
Berat Kerikil Dalam Air (C)	1710	1647	1678,5	Gr
Bj Curah (B / (A - C))	2,65	2,66	2,65	Gr

Tabel 4.2: *Lanjutan*

Agregat Kasar	Sampel I	Sampel II	Rata - Rata	Satuan
Bj Kering muka ($A / (A - C)$))	2,67	2,67	2,67	Gr
Bj Semu ($B / (B - C)$)	2,7	2,67	2,68	Gr
Absorption $[(A - B) / B] \times 100\%$	0,73	0,11	0,42	%

Berdasarkan hasil pemeriksaan uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dari 2 sampel dengan berat SSD rata – rata 2683 gr. Dari percobaan ini didapat nilai rata rata berat jenis bulk 2,65 gr, berat jenis SSD 2,67 gr dan berat jenis semu 2,67 gr.

4.1.3 Berat Isi Agregat Kasar

Pemeriksaan berat isi agregat dilakukan dengan 3 cara yaitu cara tusuk, cara penggoyangan, dan cara lepas. Data hasil pemeriksaan berat isi agregat didapat sebagai berikut.

Tabel 4.3: Tabel Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	Rata - Rata	Satuan
Berat Contoh	21689	23123	23719	22843,66	Gr
Bera Wadah	6500	6500	6500	6500	Gr
Berat Contoh + Wadah	28189	29623	30219	29343,66	Gr
Volume Wadah	15451,15	15451,15	15451,15	15451,15	Cm ³
Berat Isi	1,40	1,49	1,53	1,47	Gr/Cm ³

4.1.4 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

Pemeriksaan kadar air agregat kasar dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.4: Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

Uraian	Sampel I	Sampal II	Satuan
Berat Contoh SSD dan Berat Wadah	2206	1978	Gr
Uraian	Sampel I	Sampal II	Satuan
Berat Contoh SSD	1709	1483	Gr
Berat Contoh Kering Oven & Berat Wadah	2195	1978	Gr
Berat Wadah	497	495	Gr
Berat Air	11	10	Gr
Berat Contoh Kering	1698	1473	Gr
Kadar Air	0,64	0,67	%
Rata – rata	0,65	%	

Dari hasil pengujian kadar air agregat kasar sampel I dan sampe II maka didapat nilai kadar air sebesar 0,64% dan 0,67% dan nilai rata – rata 0,65%.

4.1.5 Pemerikaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar dapat di lihat pada pada tabel berikut :

Tabel 4.5: Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar.

Uraian	Sampel I	Sampel II	Satuan
Wadah (W1)	497	495	Gr
Berat Contoh Kering : A	1500	1500	Gr
Berat Kering contoh setelah dicuci : B	1494	1493	Gr
Berat kotoran setelah dicuci : C	6	7	Gr
Kadar Lumpur	0,4	0,46	%
Kadar Lumpur Rata – rata	0,43		%

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar didapatkan persentase rata-rata sebesar 0,43%. Nilai ini diluar batas yang diizinkan yaitu maksimum sebesar 1% (SK SNI S-04-1989-F), sehingga agregat tidak perlu dicuci lagi.

4.2. Pemeriksaan Agregat Halus

4.2.1. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Pemeriksaan analisa saringan dilakukan berdasarkan acuan SNI 03 -1968-1990 Tentang analisa saringan agregat halus. Hasil penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.6: Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Ukuran Saringan		Berat Tertahan	Persentase Tertahan	Persentase Komulatif	
ASTM	SNI	(gr)	(%)	Tertahan (%)	Lolos (%)
9,6	3/8''	0	0	0	100
4,8	No. 4	90	4,5	4,5	95,5
2,4	No. 8	241	12,05	16,55	88,45
0,6	No. 30	573	28,65	63	38,05
0,3	No. 50	415	20,75	83,75	15,25
0,15	No. 100	176	8,8	92,55	2,8
PAN	117	149		0	
TOTAL		2000	100	294,7	

Persentase berat tertahan rata rata:

$$3/8'' = \frac{0}{2000} \times 100 \% = 0 \%$$

$$\text{No. 4} = \frac{90}{2000} \times 100 \% = 4,5 \%$$

$$\text{No. 8} = \frac{241}{2000} \times 100 \% = 12,05 \%$$

$$\text{No. 16} = \frac{356}{2000} \times 100 \% = 17,8 \%$$

$$\text{No. 30} = \frac{573}{2000} \times 100 \% = 28,65 \%$$

$$\text{No. 50} = \frac{415}{2000} \times 100 \% = 20,75 \%$$

$$\text{No. 100} = \frac{176}{2000} \times 100 \% = 8,8 \%$$

$$\text{PAN} = \frac{149}{2000} \times 100 \% = 7,45 \%$$

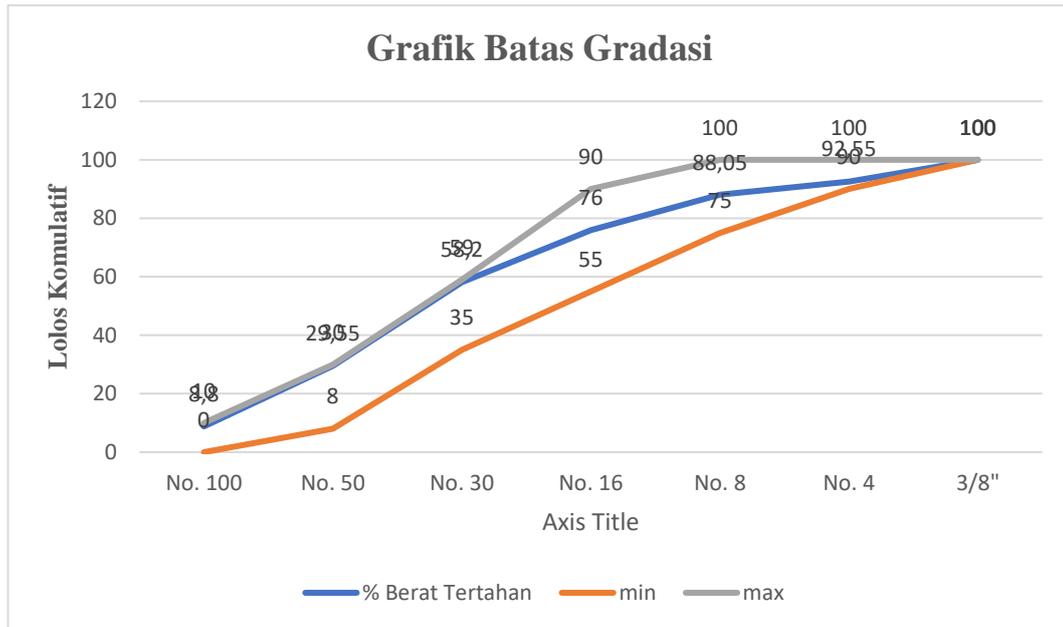
Persentase Berat Komulatif Tertahan

3/8''	= 0	+	0	= 0%
No. 4	= 0	+	4,5	= 4,5%
No. 8	= 4,5	+	12,05	= 16,55%
No. 16	= 16,55	+	17,8	= 34,35%
No. 30	= 34,35	+	28,65	= 63%
No. 50	= 63	+	20,75	= 83,75%
No. 100	= 83,75	+	8,8	= 92,55%
PAN	= 92,55	+	7,45	= 100%

Jumlah persentase komulatif yang tertahan sebesar 294,7%

$$\text{FM (Modulus Kehausan)} = \frac{\text{Jumlah Persentase Komulatif Tertahan}}{100} = \frac{294,7}{100} = 2,94\%$$

Dari hasil pemeriksaan analisa saringan agregat halus pada percobaan ini didapat nilai FM sebesar 2,94%. Nilai tersebut masih diizinkan untuk termasuk sebagai agregat halus, dimana 1,5% - 3,8% nilai yang diizinkan berada di zona 2.



Gambar 4.2: Grafik Gradasi Agregat Halus

4.2.2 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pada hasil berat jenis dan penyerapan air dapat dilihat dari tabel berikut:

Tabel 4.7: Hasil Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.

Agregat Halus	Sampel I	Sampel II	Rata - Rata	Satuan
Berat SSD (B)	495	495	495	Gr
Berat SSD Kering Oven (E)	490	484	487	Gr
Agregat Halus	Sampel I	Sampel II	Rata - Rata	Satuan
Berat SSD di dalam air (C)	987	984	985,5	Gr
Berat Piknometer Berisi Air (D)	687	676	681,5	Gr
Bj Bulk = $(E / (B + D - C))$	2,51	2,58	2,54	Gr
Bj SSD = $(B / (B + D - C))$	2,53	2,64	2,58	Gr
Bj Semu = $(E / (E + D - C))$	2,57	2,75	2,66	Gr
Absorption $[(B - E) / E] \times 100\%$	1,02	2,27	1,64	%

Berdasarkan hasil pemeriksaan uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus dari 2 sampel dengan berat SSD rata – rata 495 gr. Dari percobaan ini didapat

nilai rata rata berat jenis bulk 2,54 gr, berat jenis SSD 2,58 gr dan berat jenis semu 2,66 gr.

4.2.3 Berat Isi Agregat Halus

Pemeriksaan berat isi agregat dilakukan dengan 3 cara yaitu cara tusuk, cara goyang dan cara lepas. Data pemeriksaan berat isi agregat didapatkan sebagai berikut.

Tabel 4.8: Hasil Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

Pengujian	Cara Lepas	Cara Tusuk	Cara Penggoyangan	Rata - Rata	Satuan
Berat Contoh	18622	19993	20722	19779	Gr
Berat Wadah	6500	6500	6500	6500	Gr
Berat Contoh + Wadah	25122	26493	27222	26279	Gr
Volume Wadah	15451,15	15351,15	15451,15	15451,15	Cm ³
Berat Isi	1,2	1,29	1,34	1,27	Gr/Cm ³

4.2.4 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Pemeriksaan kadar air angregat halus dapat diliat pada tabel berikut :

Tabel 4.9: Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Uraian	Sampel I	Sampel II	Satuan
Berat Contoh SSD dan Berat Wadah	1046	1182	Gr
Berat Contoh SSD	549	687	Gr
Berat Contoh Kering Oven & Berat Wadah	1034	1168	Gr
Berat Wadah	497	495	Gr
Berat Air	12	14	Gr

Tabel 4.9: *Lanjutan*

Uraian	Sampel I	Sampel II	Satuan
Barat Contoh Kering	537	673	Gr
Kadar Air	2,23	2,08	%
Rata – rata	2,15		%

Dari hasil pengujian kadar air agregat halus didapatkan nilai sampel 1 dan sampel 2 sebesar 2,23% dan 2,08% maka didapatkan nilai rata ratanya 2,15%.

4.2.5 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dapat di lihat pada tabel berikut:

Tabel 4.10: Hasil pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Uraian	Sampel I	Sampel II	Satuan
Berat contoh kering : A	500	500	Gr
Berat kering contoh setelah dicuci : B	491	490	Gr
Berat kotoran setelah dicuci : C	9	10	Gr
Persentase kotoran setelah dicuci : D	1,8	2	Gr
Kadar Lumpur Rata – rata	1,9		%

Hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus didapat persentase rata – rata sebesar 1,9%. Nilai ini masih berada dalam batas yang diizinkan yaitumaksimum sebesar 5% (SK SNI - 04 - 1989 – F), sehingga angreat aman digunakan.

4.3. Perencanaan Campuran Beton

4.3.1. Mix Design Beton

Perhitungan mix design pada penelitian ini mengacu pada (SNI 03-2834-2000) dengan mutu yang direncanakan yaitu 25,5 MPa. Berikut adalah langkah – langkah perhitungan mix design:

1. Kuat tekan direncanakan = 25,5 MPa
2. Deviasi Standart

Faktor Penggalian	Faktor penggalian deviasi standart
Kurang dari 14	Bila data tidak tersedia e
15	1,6
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1

Faktor penggali untuk standart deviasi bila data hasil uji yang tersedia kurang dari 30. Keterangan e = kuat tekan rata-rata yang ditargetkan f_{cr} harus diambil tidak kurang dari ($f_c + 12$ MPa) maka $S_r = 12$ MPa atau tanpa data. Karena jumlah benda uji yan dibuat ada;ah 12 buah maka jumlah data uji tersebut kurang dari 15 buah, oleh karena itu kuat tekan rata – rata yang ditargetkan f_{cr} harus diambil tidak kurang dari ($f_c + 12$ Mpa)

3. Nilai Tambah (Margin) = 5,7 MPa

Tingkat penggalian nilai pengerjaan	Sd (MPa)
Memuaskan	3,8
Hampir memuaskan	3,5
Sangat baik	4,2
Baik	5,7
Sedang	6,5

4. Kuat tekan beton rata – rata yang ditargetkan (f_{cr}) = $f_c +$ Deviasi Standart + M
 $f_{cr} = 25,5 + 12 + 5,7$
 $f_{cr} = 43,2$ MPa
5. Jenis semen ditetapkan menggunakan semen portland tipe 1.
6. Jenis agregat halus yang digunakan, yaitu alami, menggunakan pasir binjai. Agregat kasar yang digunakan batu pecah berasal dari quarry binjai dengan ukuran makimal 40 mm

7. Penetapan faktor air semen (FAS).

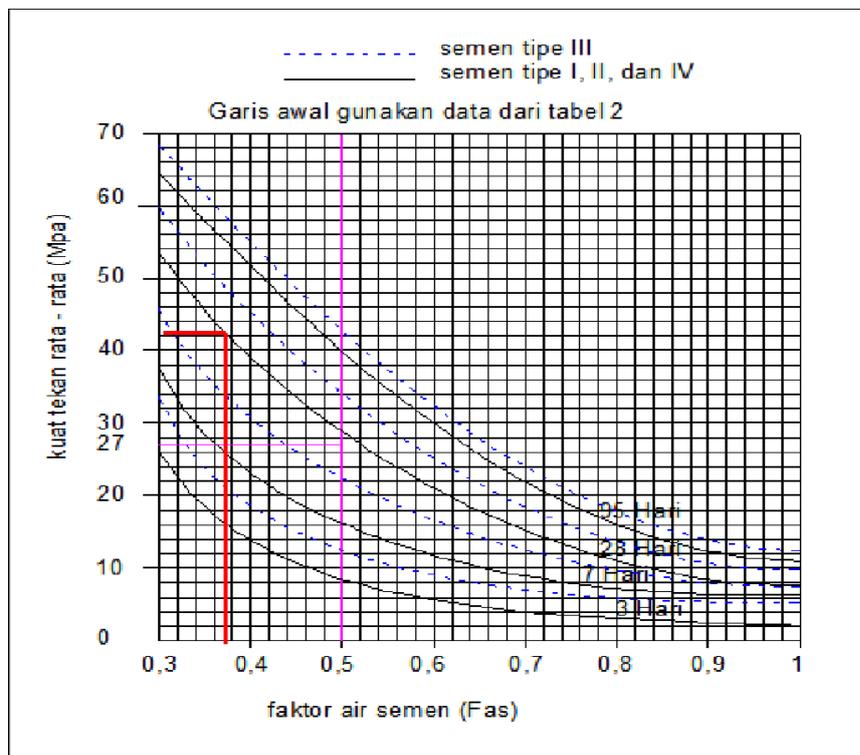
Faktor air semen ditentukan dari kuat tekan rencana. Jenis semen yang dipakai yaitu tipe 1, dengan jenis agregat kasar batu pecah benda uji balok memiliki kuat lentur

$$(f_s) = \alpha \sqrt{f'_c}$$

$$(f_s) = 0,86 \sqrt{43,2}$$

$$(f_s) = 5,65 \text{ MPa}$$

Pada umur 28 hari dan FAS yang digunakan adalah 0,38. Karena kuat tekan yang ditargetkan (f_{cr}) adalah 43,2 MPa. Maka penarikan garis diperlukan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3: Hubungan FAS dengan kuat tekan (SNI 03-2834-2000)

8. Faktor air semen maksimum

Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkaran khusus.

Tabel 4.11: Faktor air semen maksimum

	Jumlah Semen Minimum per m ³ beton (kg)	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan :		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,6
b. Keadaan keliling korosif disebabkan kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar bangunan :		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,6
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,6
Beton yang masuk ke dalam tanah :		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		lihat tabel 4 pada SK SNIT-15-1990-03
Beton yang kontinue berhubungan:		
a. Air tawar		lihat tabel 5 pada SK SNIT-15-1990-03
b. Air laut		lihat tabel 5 pada SK SNIT-15-1990-03

Maka ditetapkan dan beton diluar ruangan bangunan dengan keadaan terlindung dari hujan dan Terik matahari langsung.

Faktor air semen maksimum = 0,6

Jumlah semen minimum = 275 kg/m³

9. Slump

Perkiraan kadar air bebas (kg/m³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pekerjaan adukan beton

Tabel 4.12: Faktor air semen maksimum

Perkiraan kadar air bebas (Kg/m³) yang dibutuhkan untuk beberapa tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton
ilmubeton.com

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	---	---	---	---
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Catatan : Koreksi suhu udara :

Untuk suhu di atas 25 °C, setiap kenaikan 5 °C harus ditambah air 5 liter per m³ adukan beton.

Ditetapkan ukuran slump yang digunakan adalah 30-60 mm

10. Ukuran agregat maksimum yang sudah digunakan adalah $1,5'' \times 2,54 = 38,1$ atau sekitar 40 mm

11. Kadar air bebas

Didapat hasil kadar air bebas dari rumus:

$$\begin{aligned} \frac{2}{3} \text{ Agg H} + \frac{1}{3} \text{ Agg K} &= \frac{2}{3} \times 160 + \frac{1}{3} \times 190 \\ &= 170 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

12. Jumlah semen

$$\begin{aligned} \text{Ukuran semen, yaitu} &= \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{Faktor air semen bebas}} \\ &= \frac{170}{0,38} \\ &= 447,36 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

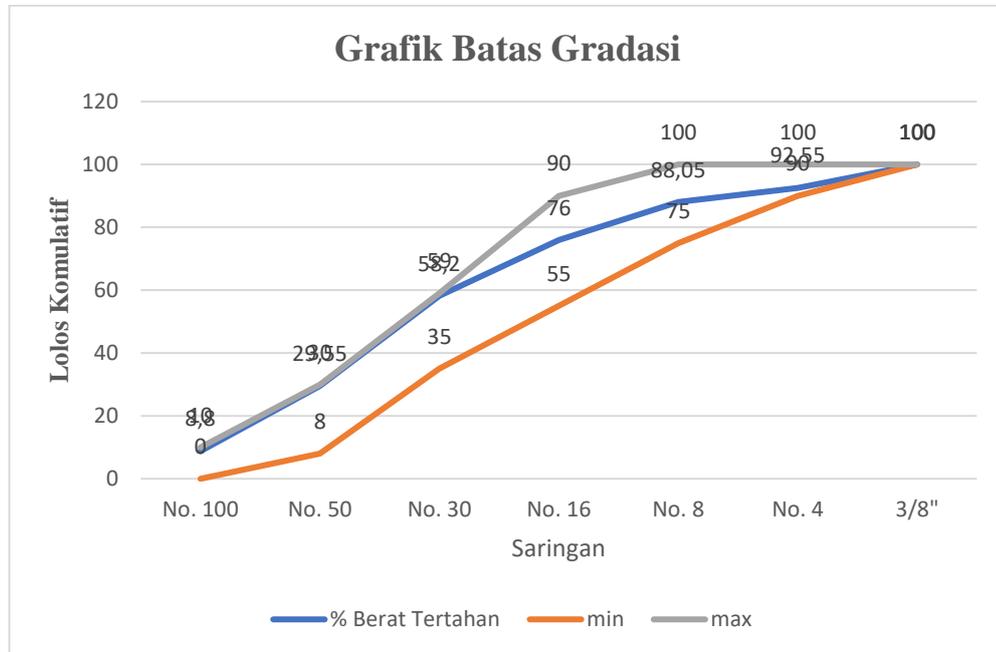
13. Jumlah semen maksimum

Jumlah semen maksimum diambil dari no.12 jadi, jumlah semen maksimum = 447,36 kg/m³

14. Jumlah semen minimum

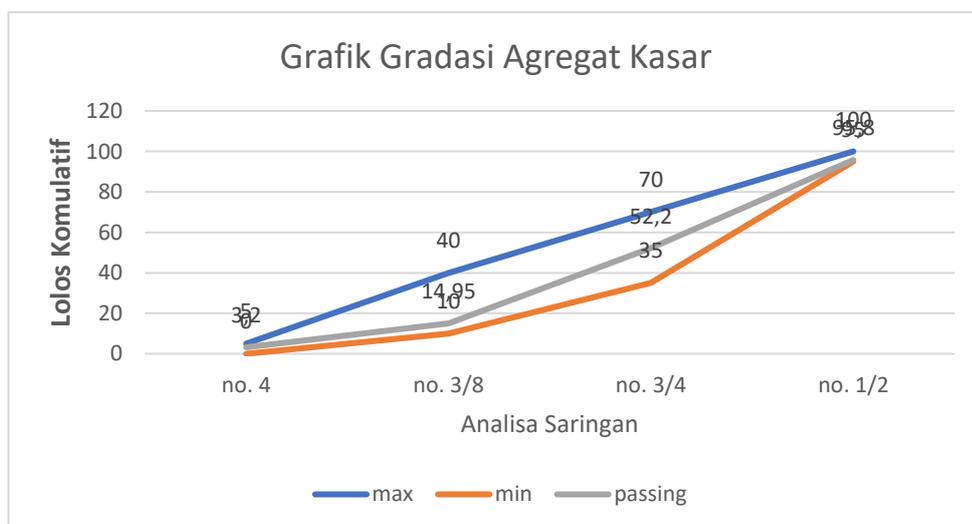
Tabel 4 persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembebanan dalam lingkaran khusus. Tabel tersebut terdapat pada point nomor 8. Jadi, berdasarkan tabel tersebut dan beton diluar ruang bangunan dengan keadaan terlindung dari hujan dan Terik matahari langsung. Jumlah semen minimum per kg/m³ = 275 kg/m³

15. Faktor air semen yang disesuaikan ditetapkan dari point nomor 7 atau nomor 8 yang paling minimum yaitu 0,38
16. Susunan besar butir agregat halus ditetapkan pada gradasi pasir pada grafik



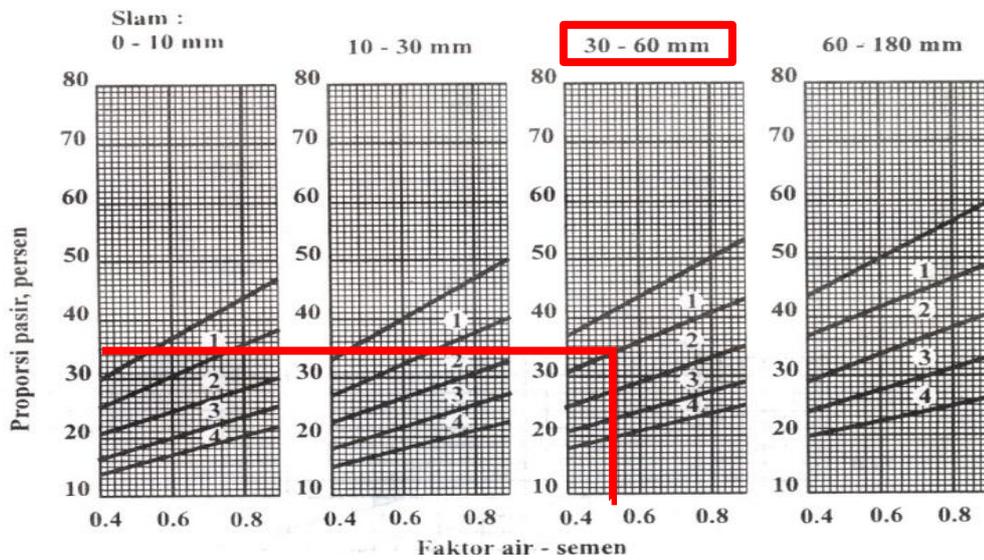
Gambar 4.4: Grafik Gradasi Agregat Halus

17. Susunan besar butir agregat butir kasar ditetapkan pada gradasi kekilir



Gambar 4.5: Grafik Gradasi Agregat Kasar

18. Persen agregat halus



Gambar 4.6: Persen agregat halus

Dari tabel tersebut persen agregat agregat halus memiliki nilai 31 %

19. Berat jenis relatif agregat (kering permukaan)

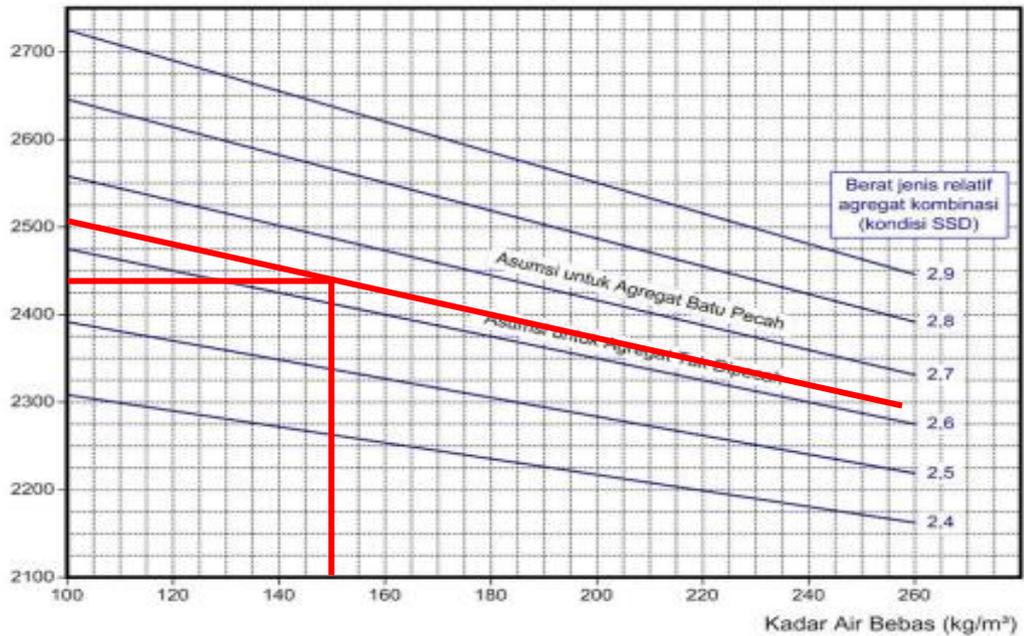
Berat jenis relatif = (B.Jenis Agregat Halus x Persen Agregat Halus) +

(B.Jenis Agregat Kasar x Persen Agrabat Kasar)

$$= (2,58 \times 31 \%) + (2,67 \times 69\%)$$

$$= 0,80 + 1,84 = 2,64 \text{ gr}$$

20. Berat isi beton



Gambar 4.7: Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Selesai Didapatkan

Ket :

- 2,61 = 0,8 mm
- 2,62 = 1,6 mm
- 2,63 = 2,4 mm
- 2,64 = 3,2 mm
- 2,65 = 4,0 mm

$$\begin{aligned} \text{Jarak garis asumsi} &= \frac{3,2 \times 0,04}{0,4} \\ &= \frac{0,128}{0,4} \\ &= 0,32 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Volume Beton} &= \frac{0,4 \times 100}{1,2} \\ &= 33,3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Volume Beton} &= 2400 + 33,3 \\ &= 2433,3 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

21. Kadar agregat gabungan

$$\text{Kadar Agregat} = \text{Berat isi beton} - (\text{Jumlah semen} + \text{Kadar air bebas})$$

$$= 2433,3 - (447,36 + 170)$$

$$= 1815,64 \text{ kg/m}^3$$

22. Kadar agregat halus

Kadar agregat halus = kadar agregat gabungan x persen agregat halus

$$= 1815,64 \times 0,31$$

$$= 562,84 \text{ kg/m}^3$$

23. Kadar Agregat Kasar

Kadar agregat kasar = kadar agregat gabungan – kadar agregat halus

$$= 1815,64 - 562,84$$

$$= 1252,8 \text{ kg/m}^3$$

24. Proporsi Campuran Tiap m³

Semen = 447,36 kg/m³

Pasir = 562,84 kg/m³

Batu Pecah = 1252,8 kg/m³

Air = 170 kg/m³

Kondisi agregat dalam kejadian jenuh kering permukaan semen, air, agregat halus dan agregat kasar harus dihitung dalam per m³ adukan

a. Semen = $\frac{447,36}{447,36} = 1$

b. Pasir = $\frac{562,84}{447,36} = 1,25$

c. Batu pecah = $\frac{1252,8}{447,36} = 2,8$

d. Air = $\frac{170}{447,36} = 0,38$

25. Koreksi Proporsi Campuran.

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran dapat dihitung dengan rumus berikut

Diketahui :

$$\text{Jumlah air (B)} = 170 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah agregat halus (C)} = 562,84 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jumlah agregat kasar (D)} = 1252,8 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Absorpsi air pada agregat halus (Ca)} = 1,64$$

$$\text{Kandungan air dalam agregat halus (Ck)} = 2,15 \%$$

$$\text{Absorpsi air pada agregat kasar (Da)} = 0,42$$

$$\text{Kandungan air dalam agregat kasar (Dk)} = 0,65\%$$

$$\begin{aligned} \text{Air} &= B - (Ck - Ca) \times \frac{C}{100} - [(Dk - Da) \times \frac{D}{100}] \\ &= 170 - (2,15 - 1,64) \times \frac{562,84}{100} - [(0,65 - 0,42) \times \frac{1252,8}{100}] \\ &= 167,13 - 2,88 \\ &= 164,25 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agregat halus} &= C + (Ck - Ca) \times \frac{C}{100} \\ &= 562,84 + (2,15 - 1,64) \times \frac{562,84}{100} \\ &= 565,71 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Agregat kasar} &= D + (Dk - Da) \times \frac{D}{100} \\ &= 1252,8 + (0,65 - 0,42) \times \frac{1252,8}{100} \\ &= 1255,68 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{a. Semen} = \frac{447,36}{447,36} = 1$$

$$\text{b. Pasir} = \frac{565,71}{447,36} = 1,26$$

$$\text{c. Batu pecah} = \frac{1255,68}{447,36} = 2,8$$

$$\text{d. Air} = \frac{164,25}{447,36} = 0,36$$

Rekapitulasi mix design beton dengan mutu 25,5 MPa menggunakan metode SNI 03-2834-2000 dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13: Rekapitulasi *mix design* beton mutu 25 MPa

No.	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan rencana (f'_c)	25,5	Mpa
2	Deviasi Standart	12	Mpa
3	Nilai tambah	5,7	Mpa
4	Kuat tekan beton ditargetkan (f_{cr})	43,2	Mpa
5	Jenis semen	Tipe I	-
6	Jenis Agregat kasar dan halus	Batu Pecah dan pasir	-
7	Faktor air semen	0,38	-
8	Faktor air semen maksimum	160	-
9	Slump	30 – 60	mm
10	Ukuran agregat maksimum	40	mm
11	Kadar air bebas	170	Kg/m ³
12	Jumlah semen	447,36	Kg/m ³
13	Jumlah semen maksimum	447,36	Kg/m ³
14	Jumlah semen minimum	275	Kg/m ³
15	Faktor air semen yang disesuaikan	0,38	-
16	Susunan besar butir agregat halus	Zona 2	
17	Susunan agregat kasar gabungan	Zona no. 3/4	
18	Persen agregat halus	31%,69% Agregat kasar	
19	Berat jenis relative, agregat kering permukaan	2,64	gr
20	Berat isi beton	2433,3	Kg/m ³
21	Kadar air agregat gabungan	1815,64	Kg/m ³
22	Kadar air agregat halus	562,84	Kg/m ³
23	Kadar air agregat kasar	1252,8	Kg/m ³
24	Proporsi campuran semen : pasir : batu pecah : air	1 : 1,25 : 2,8 : 0,38	-
25	Koreksi proporsi campuran semen : pasir : batu pecah : air	1 : 1,26 : 2,8 : 0,36	-

4.3.2. Kebutuhan Beton

A. Kebutuhan volume satu benda uji dengan cetakan

$$\text{Panjang} = 60 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi} = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Volume} = p \times l \times t$$

$$= 0,6 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$$

$$= 0,012 \text{ m}^3$$

• Maka semen yang dibutuhkan untuk benda uji balok

$$= \text{banyak semen} \times \text{volume benda uji}$$

$$= 447,36 \times 0,012 \text{ m}^3$$

$$= 5,368 \text{ kg}$$

• Terdapat tambahan tulangan berupa kawat galvanis diameter 1 mm dengan ukuran 55 cm x 15 cm yang diletakkan pada ketinggian 5 cm

• Dimana terdapat campuran ASP 10%, 20% dan 30% dari berat semen untuk beton variasi

$$\text{ASP 10 \%} = \frac{10}{100} \times 5,368$$

$$= 0,5368 \text{ kg}$$

$$\text{ASP 20 \%} = \frac{20}{100} \times 5,368$$

$$= 1,0736 \text{ kg}$$

$$\text{ASP 30 \%} = \frac{30}{100} \times 5,368$$

$$= 1,6104 \text{ kg}$$

Jumlah semen yang digunakan untuk 1 benda uji beton variasi dengan

ASP konstan 10 % , 20 % dan 30 %

$$\text{Semen dengan 10 \% ASP} = 5,368 - 0,5368$$

$$= 4,8312 \text{ kg}$$

$$\text{Semen dengan 20 \% ASP} = 5,368 - 1,0736$$

$$= 4,2944 \text{ kg}$$

$$\text{Semen dengan 30 \% ASP} = 5,368 - 1,6104$$

$$= 3,7576 \text{ kg}$$

• Pasir yang dibutuhkan untuk benda uji (Balok)

$$= \text{Banyak pasir} \times \text{volume benda uji}$$

$$= 565,71 \times 0,012$$

$$= 6,789 \text{ kg}$$

- Batu pecah yang dibutuhkan untuk benda uji (Balok)

$$= \text{Banyak batu pecah} \times \text{volume benda uji}$$

$$= 1255,68 \times 0,012$$

$$= 15,068 \text{ kg}$$

- Air yang dibutuhkan untuk benda uji (Balok)

$$= \text{Banyak air} \times \text{Volume benda uji}$$

$$= 164,25 \times 0,012$$

$$= 1,971 \text{ liter}$$

- Total berat beton

$$= \text{Air} + \text{agregat kasar} + \text{agregat halus} + \text{semen}$$

$$= 1,971 \text{ kg} + 15,068 + 6,789 + 5,368$$

$$= 29,196 \text{ kg}$$

Tabel 4.14: Jumlah Abu Sekam Padi Pada Beton Variasi Balok

Beton Variasi	Jumlah Serat Sabut Kelapa	Satuan
10%	0,5368	kg
20%	1,0736	kg
30%	1,6104	kg

Abu sekam padi mempunyai daya serap terhadap air sebesar 20% dari abu sekam padi maka dibutuhkan air tambah:

- Berat abu sekam padi x daya serap air abu sekam padi

$$\text{Beton Variasi 10\% ASP} = 20\% \times 0,5368 = 107 \text{ ml}$$

$$\text{Beton variasi 20\% ASP} = 20\% \times 1,0736 = 214,72 \text{ ml}$$

$$\text{Beton variasi 30\% ASP} = 20\% \times 1,6104 = 322,08 \text{ ml}$$

Tabel 4.15: Jumlah Air Tambahan Pada Beton Variasi Balok

Variasi	Jumlah Air Tambah	Satuan
10%	107	ml
20%	214,72	ml
30%	322,08	ml

- Maka air yang dibutuhkan untuk benda uji beton variasi adalah

Beton variasi 10 % ASP	= 1,971 + 0,107	= 2,078 liter
Beton variasi 20 % ASP	= 1,971 + 0,215	= 2,186 liter
Beton variasi 30 % ASP	= 1,971 + 0,322	= 2,293 liter

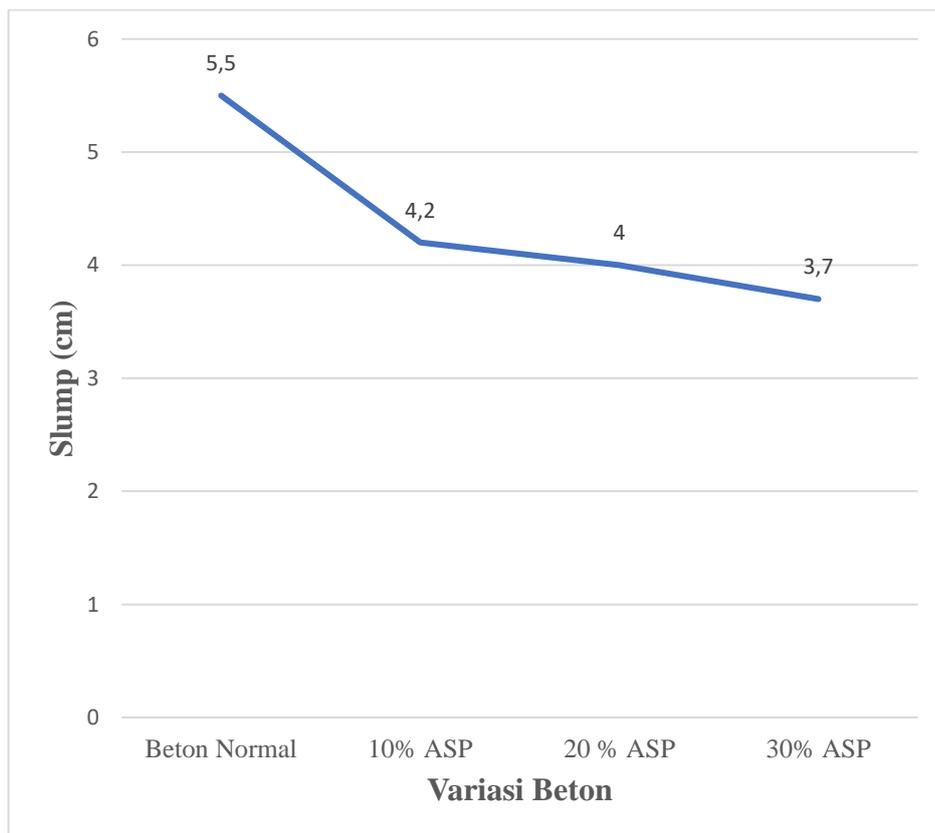
4.4. Hasil pengujian slump test

Pengujian slump test ini dilakukan untuk mengetahui workability pada beton dengan yang normal ataupun beton variasi. Pengujian slump test dilakukan dengan menggunakan kerucut abrams dengan mengisi beton segar sebanyak 3 lapis dimana tiap lapisannya diisi dengan 1/3 dari isi kerucut kemudian di rojok dengan tongkat penusuk dengan 25 kali. Jika sudah terisi penuh maka diamkan 10 detik angkat kerucut abrams searah tegak lurus dengan adonan beton saat agar terlepas dari cetakan. Kemudian ukur selisih adonan beton dengan kerucut abrams untuk mengetahui nilai. Pengujian slump bertujuan untuk mengetahui nilai workability (tingkat kemudahan pengerjaan). Nilai dari pengujian slump test tertera pada tabel 4.16

Tabel 4.16: Nilai Uji Slump Test Beton Normal Dengan Beton Variasi

Variasi	Slump(cm)
	Balok
	28 hari
Beton Normal	5,5
10% ASP	4,2
20 % ASP	4
30% ASP	3,7

Dapat dilihat pada data slump test pada tabel perbedaan beton normal dengan beton variasi 10% ASP, 20% ASP dan 30% ASP terjadi penurunan nilai slump menunjukkan, bahwa workability beton dengan pemakaian abu sekam padi sedikit lebih rendah dari pada beton normal yang sangat mungkin disebabkan oleh terserapnya sebagian air oleh abu sekam padi karena sifat hidroskopis (menyerap air) (Solikin, 2016).



Gambar 4.8: Grafik Slump Test Beton

4.5. Hasil dan Analisa Pengujian Beton

4.5.1. Pengujian Kuat Lentur (Flexural)

Pengujian kuat lentur pada penelitian ini dilakukan pada saat beton umur 28 hari. Benda uji pada pengujian kuat lentur beton pada penelitian ini menggunakan sampel berbentuk balok dengan ukuran Panjang 60 cm, lebar 20 cm, tinggi 10 cm. Pengujian kuat lentur menggunakan metode 2 titik pembebanan sesuai pada SNI-4431-2011.

a. Beton Normal

Tabel 4.17: Grafik Slump Test Beton

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran Agr. Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C %	Volume Agr. Halus
	40	5,5	1	0,38	-
	Air W (Kg/m ³)	PC (Kg/m ³)	Agreat Halus (Kg/m ³)	Agregat Kasar (Kg/m ³)	Bahan Campuran (g atau cc/m ³)
	164,25	447,36	565,71	1255,68	-
Umur Benda Uji (Hari)			28		
Panjang Benda Uji (mm)			600		
Lebar Benda Uji (mm)			200		
Tinggi Benda Uji (mm)			100		
Berat Benda Uji (kg)			22,5		
Volume Benda Uji (mm ³)			12000000		
Beban Maksimum (N)			11333		
Jarak Bentang (mm)			450		
Lebar Tampak Lintang (mm)			150		
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150		
Kuat Lentur Uji (Mpa)			2,94		

Berdasarkan tabel 4.17 didapatkan hasil pengujian kat lentur beton normal sebesar 2,94 MPa

b. Beton Variasi 10% ASP

Tabel 4.18: Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran Agr. Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C %	Volume Agr. Halus
	40	4,2	1	0,38	-
	Air W (Kg/m ³)	PC (Kg/m ³)	Agreat Halus (Kg/m ³)	Agregat Kasar (Kg/m ³)	Bahan Campuran (g atau cc/m ³)
	164,25	447,36	565,71	1255,68	-
Umur Benda Uji (Hari)			28		
Panjang Benda Uji (mm)			600		
Lebar Benda Uji (mm)			200		
Tinggi Benda Uji (mm)			100		
Berat Benda Uji (kg)			21,7		
Volume Benda Uji (mm ³)			12000000		
Beban Maksimum (N)			9666		
Jarak Bentang (mm)			450		
Lebar Tampak Lintang (mm)			150		
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150		
Kuat Lentur Uji (Mpa)			2,50		

Berdasarkan tabel 4.18 didapat bahwa kuat lentur beton variasi 10% ASP sebesar 2,50 MPa mengalami penurunan nilai kuat lentur dari pada beton normal

c. Beton Variasi 20% ASP

Tabel 4.19: Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran Agr. Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C %	Volume Agr. Halus
	40	4	1	0,38	-
	Air W (Kg/m ³)	PC (Kg/m ³)	Agreat Halus (Kg/m ³)	Agregat Kasar (Kg/m ³)	Bahan Campuran (g atau cc/m ³)
	164,25	447,36	565,71	1255,68	-
Umur Benda Uji (Hari)			28		
Panjang Benda Uji (mm)			600		
Lebar Benda Uji (mm)			200		
Tinggi Benda Uji (mm)			100		
Berat Benda Uji (kg)			21,9		
Volume Benda Uji (mm ³)			12000000		
Beban Maksimum (N)			7733		
Jarak Bentang (mm)			450		
Lebar Tampak Lintang (mm)			150		
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150		
Kuat Lentur Uji (Mpa)			2		

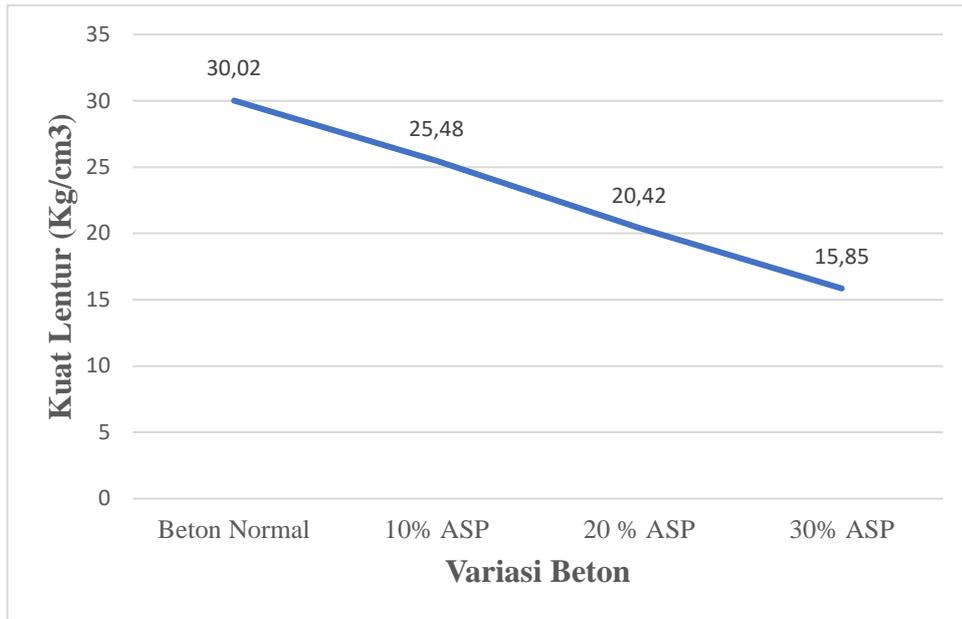
Berdasarkan tabel 4.19 didapat bahwa kuat lentur beton variasi 20% ASP sebesar 2 MPa mengalami penurunan nilai kuat lentur dari pada beton normal

d. Beton Variasi 30% ASP

Tabel 4.20: Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Variasi

PERBANDINGAN CAMPURAN					
KONDISI	Ukuran Agr. Kasar (mm)	Slump (cm)	Kadar Udara (%)	Faktor Air Semen W/C %	Volume Agr. Halus
	40	3,7	1	0,38	-
	Air W (Kg/m ³)	PC (Kg/m ³)	Agreat Halus (Kg/m ³)	Agregat Kasar (Kg/m ³)	Bahan Campuran (g atau cc/m ³)
	164,25	447,36	565,71	1255,68	-
Umur Benda Uji (Hari)			28		
Panjang Benda Uji (mm)			600		
Lebar Benda Uji (mm)			200		
Tinggi Benda Uji (mm)			100		
Berat Benda Uji (kg)			19,8		
Volume Benda Uji (mm ³)			12000000		
Beban Maksimum (N)			6000		
Jarak Bentang (mm)			450		
Lebar Tampak Lintang (mm)			150		
Tinggi Tampak Lintang (mm)			150		
Kuat Lentur Uji (Mpa)			1,6		

Berdasarkan tabel 4.20 didapat bahwa kuat lentur beton variasi 30% ASP sebesar 1,6 MPa mengalami penurunan nilai kuat lentur dari pada beton normal



Gambar 4.9: Grafik Hasil Pengujian Kuat Lentur

4.6. Pembahasan

4.6.1. Pembahasan Kuat Lentur

Dari hasil penelitian kuat lentur dan umur beton 28 hari pada beton normal dan beton variasi ASP. Terjadi penurunan pada beton variasi. Dapat dilihat pada perhitungan dibawah ini:

a. Variasi 10% ASP

Perbandingan umur beton 28 hari

$$\begin{aligned} \text{Persentase perbandingan kuat lentur} &= \frac{2,5}{2,94} \\ &= 0,85 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Besarnya nilai penurunan kuat lentur} &= \frac{2,94-2,5}{2,94} \times 100 \\ &= 13,61 \% \end{aligned}$$

b. Variasi 20% ASP

Perbandingan umur beton 28 hari

$$\begin{aligned} \text{Persentase perbandingan kuat lentur} &= \frac{2}{2,94} \\ &= 0,68 \% \end{aligned}$$

$$\text{Besarnya nilai penurunan kuat lentur} = \frac{2,94-2}{2,94} \times 100 = 30,61 \%$$

c. Variasi 30% ASP

Perbandingan umur beton 28 hari

$$\begin{aligned}\text{Persentase perbandingan kuat lentur} &= \frac{1,6}{2,94} \\ &= 0,54 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Besarnya nilai penurunan kuat lentur} &= \frac{2,94-1,6}{2,94} \times 100 \\ &= 45,58 \%\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan penurunan kuat lentur dapat dilihat persentase untuk kenaikan dan penurunan pada beton variasi ASP terdapat penurunan sebesar 13,61% pada 10% ASP, 30,61% pada 20% ASP dan 45,58% pada 30% ASP. Dari perhitungan ini bahwa abu sekam padi bisa menurunkan kekuatan kuat lentur yang signifikan. Pada penelitian ini selaras dengan penelitian (Rahamudin, 2016) berjudul Pengujian Kuat Tarik Belah dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar (Batu Apung) dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen. Bahwasanya penambahan ASP sebanyak 20% mengakibatkan penurunan kuat tekan sebesar 41,37%, kuat Tarik belah sebesar 22,98%, dan kuat Tarik lentur sebesar 44,40%. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya penambahan substitusi ASP mengakibatkan penggunaan semen semakin sedikit, karena ASP materialnya sangat menyerap air, sehingga workabilitas campuran menjadi kurang baik sama hal dengan penelitian ini. Pada penelitian (Haambozi, 2021) berjudul “*Effects of Rice Husk Ash on Mechanical Properties of Ultra-High-Performance Concrete*”. Pada sifat mekanik, peningkatan kadar abu sekam padi meningkatkan kekuatan lentur dan tekan beton kinerja ultra tinggi. Tetapi kadar abu sekam padi yang terlalu banyak akan menyebabkan sampel menjadi kering sehingga menciptakan rongga besar yang menyebabkan kekuatan menjadi lebih rendah. Sehingga pada penelitian ini selaras dengan penelitian-penelitian terdahulu bahwa pada pengujian kekuatan lentur beton dengan metode ferosemen berbahan abu sekam padi dengan persentase penambahan ASP 10%,20%,30% dapat menurunkan kekuatan lentur pada beton.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini perbedaan kekuatan lentur beton dengan metode ferosemen berbahan abu sekam padi sebagai bahan pengganti semen maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan abu sekam padi (ASP) berpengaruh pada nilai *slump test* beton. Dapat dilihat pada data slump test perbedaan beton normal dengan beton variasi 10% ASP, 20% ASP dan 30% ASP terjadi penurunan nilai slump menunjukkan, bahwa workability beton dengan pemakaian abu sekam padi sedikit lebih rendah dari pada beton normal yang sangat mungkin disebabkan oleh terserapnya sebagian air oleh abu sekam padi karena sifat hidroskopis (menyerap air).
2. Pada pengujian kekuatan lentur beton dengan metode ferosemen berbahan abu sekam padi didapatkan hasil pengujian kekuatan lentur beton normal sebesar 2,94 MPa, kuat lentur beton variasi 10% ASP sebesar 2,50 MPa, kuat lentur beton variasi 20% ASP sebesar 2 MPa, kuat lentur beton variasi 30% ASP sebesar 1,6 MPa mengalami penurunan nilai kuat lentur dari pada beton normal.
3. Berdasarkan perhitungan penurunan kuat lentur dapat dilihat persentase untuk kenaikan dan penurunan pada beton variasi ASP terdapat penurunan sebesar 13,61% pada 10% ASP, 30,61% pada 20% ASP dan 45,58% pada 30% ASP. Dari perhitungan ini bahwa abu sekam padi bisa menurunkan kekuatan kuat lentur yang signifikan.

5.2 Saran

Hasil dari penelitian yang dilakukan diharapkan mampu membantu dalam perkembangan proses teknologi beton ataupun penerapan dilapangan. Diberikan harapan juga kepada peneliti selanjutnya agar mampu mengembangkan penelitian ini lebih dalam. Adapun saran yang dapat diambil antara lain: Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan abu sekam padi dengan variasi yang beragam. Agar mengetahui batas variasi dimana yang mampu menghasilkan kuat lentur yang konstan.
2. Disarankan untuk melakukan penelitian yang lebih dalam mengenai sifat-sifat fisis dan kimiawi dari abu sekam padi
3. Penelitian tugas akhir ini dapat dijadikan sebagai literature tambahan atau sebagai bahan evaluasi untuk penelitian selanjutnya. Dengan harapan, penelitian selanjutnya akan menghasilkan karakteristik beton yang lebih baik daripada penelitian sebelumnya
4. Penambah banyaknya benda uji agar hasilnya lebih akurat pada setiap variasi

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, Z. S., Ariffin, N. F., Mohsin, S. M. S., & Lim, N. H. A. S. 2021. Performance of rice husk ash as a material for partial cement replacement in concrete. *Materials today: proceedings* 48: 842-8.
- Boen, T. 2015. Membangun rumah tembokan tahan gempa dengan balutan lapisan ferosemen. *Computer & structures inc Indonesia*
- Deisi, Regina, Grasye Porajow, M D J Sumajouw, and R Pandaleke. 2017. Perbandingan Kuat Tarik Lentur Beton Bertulang Balok Utuh Dengan Balok Yang Diperkuat Menggunakan Chemical Anchor. *Jurnal Sipil Statik* 5(7): 393–99.
- Febriasto, Rizki, Satyaning, Wibawati. 2019. Prediksi Kuat Tekan Semen Untuk Produk Feature Selection. *Sains Dan Seni* 8(2).
- Haambozi, M., & Wang, Q. 2021. Effects of Rice Husk Ash on Mechanical Properties of Ultra-High-Performance Concrete. *International Journal of Engineering Research and Applications* 11(2):4-9
- Hunggurami, E et al. 2019. Kuat Tekan Beton Normal Dan Mortar Yang Menggunakan Agregat Halus Dan Agregat Kasar Sungai Fatubenao.” *Jurnal Teknik Sipil* 8(2): 265–72.
- Kuncoro, H. B. B., Darwis, Z., & Rahmat, A. A. (2021). Studi Eksperimental pengaruh abu sekam padi terhadap sifat mekanik beton serat bambu. *Fondasi: jurnal teknik sipil*, 10(2): 134-143.
- Muslikh, Bagus Soebandono , Andreas Triwiyono,. 2015. Perbaikan Balok Beton Bertulang Dengan Metode Jacketing Dengan Bahan Ferosemen Akibat Beban Siklik Pada Beban Ultimit. *Semesta Teknika* 14(2): 166–76.
- Mulyono,T. 2015. Teknologi Beton: Dari Teori Ke Praktek, Jakarta;LPP-UNJ
- Mulyono, T. 2004. Teknologi Beton. In Penerbit Andi.Yogyakarta
- Nugroho, Ananto. 2017. Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Terhadap Sifat Mekanik Beton Busa Ringan. *Jurnal Teknik Sipil* 24(2): 139–44.

- Rahamudin, Rio Herdianto, Hieryco Manalip, and Mielke Mondoringin. 2016. Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar (Batu Apung) Dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Sipil Statik* 4(3): 225–31.
- Rismawan, Berlian Arswendo, Sarjito Joko Sisworo. 2014. Analisa Kekuatanlentur Bahan Ferrocement Berpenguat Kawat Anyam Sebagai Bahan Dasar Modular Floating Pontoon. *Jurnal Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro* 2(4): 58–65.
- Rahmat, Adnan. 2022. Penggunaan Abu Sekam Padi (Asp) Terhadap Kuat Lentur Beton Ferrocement.” *Jurnal Karajata Engineering* 2(1): 38–44.
- Satwarnirat, Dwina Archenita. 2007. Bambu Sebagai Pengganti Kawat Anyam Pada Pembuatan Ferro-Cement 3(1): 45–52SNI 03-4154-1996.1996. Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Balok Uji Sederhana yang Debebani Terpusat Langsung. *Badan Standardisasi Nasional*.
- SNI 7064:2014. 2014. Semen Portland Komposit.*Badan Standardisasi Nasional*: 1–128.
- SNI 03-2834-2000. 2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. *Badan Standardisasi Nasional* :1–34.
- SNI 03-2834-2000. 2000. “SNI 03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.” *Sni 03-2834-2000*: 1–34.
- SNI 15-2049-2004. 2004. Semen Portland. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Solikin, M. (2016). Pengaruh Pemakaian Abu Sekam Padi Sebagai Cementitious Terhadap Perkembangan Kuat Tekan Beton. *The 3rdUniversty Research Coloquium*: 35-40
- Yunasdi, H. (2020). Uji Bending: Jurnal Praktikum Material Teknik (67): 1-7

LAMPIRAN



Gambar L. 1 Abu Sekam Padi



Gambar L. 2 Kerucut Abrams dan tongkat rojok



Gambar L. 3 Uji Slump Test



Gambar L. 4 Mix Design



Gambar L. 5 Benda Uji



Gambar L. 6 Proses Membersihkan Agregat halus



Gambar L. 7 Pengujian Kuat Lentur



Gambar L. 8 Pengeringan Agregat

RIWAYAT HIDUP



Data Identitas Diri

Nama Lengkap : Davandi Rilza
Tempat dan Tanggal Lahir : Medan, 28 Maret 2000
Jenis Kelamin : Laki – laki
Agama : Islam
Alamat : Dusun XVIII Harjo Sari Klumpang Kebun
Nomor Handphone : 081375732661
Nama Ayah : M. Ari Aswin
Nama Ibu : Nurul Hasanah Putri
E – mail : davandirilza28032000@gmail.com

Riwayat Pendidikan

NIM : 1907210204
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muctar Basri No. 3 Medan 20238

Pendidikan Formal

Sekolah Dasar	: SD Negeri 101732	2006 - 2012
Sekolah Menengah Pertama	: SMP Brigjend Katamso I	2012 - 2015
Sekolah Menengah Atas	: SMA Brigjend Katamso I	2015 - 2018